



ZX SPECTRUM





ASTRONOMIA:
EL UNIVERSO EN TU ORDENADOR

Maurice Gavin

ASTRONOMIA:

EL UNIVERSO EN TU ORDENADOR

ASTRONOMIA:

EL UNIVERSO EN TU ORDENADOR

Maurice Gavin



ANAYA MULTIMEDIA

MICROINFORMATICA

Título de la obra original:
"ZX SPECTRUM ASTRONOMY"

Traducción de: Francisco Ortiz y Rafael Cilla.
Diseño de colección: Antonio Lax.

Primera edición
Segunda reimpresión, marzo 1985

First published in English by:
Shunshine Books (an imprint of Scot Press Ltd)
12/13 Little Newport Street
London WC2R 3LD

Villafranca, 22. 28028 Madrid
Depósito legal: M. 8.369-1985
ISBN: 84-7614-007-X
Printed in Spain
Imprime: JOSMAR, S. A.
Artesanía, 17. Políg. Ind. de COSLADA (MADRID)

Indice

Contenido en detalle

Prefacio

¡La Astronomía, ciencia que estudia los cielos, y tu Spectrum están hechos la una para el otro! La excelente capacidad del Spectrum para trazar gráficos permite que cobren nueva vida temas que acumulaban la pátina del olvido, como las leyes de Kepler y Boder.

Este libro resalta el aspecto visual del proceso de datos y de la Astronomía, lo que quizá no guste a determinados puristas, que sólo conciben esta ciencia a base de números con "n-simas" cifras decimales. Sin embargo, a los ordenadores les compete la comunicación y, así como el BASIC es un lenguaje informático aceptable, la presentación gráfica, sumada a los números, presta una ayuda importante a la rápida asimilación de hechos y conceptos.

La obra no se dirige específicamente a los astrónomos, sino a aquellos propietarios de un Spectrum que deseen extender su interés por la informática a otros campos. He reducido al mínimo posible las explicaciones matemáticas o trigonométricas utilizadas en algunos de los programas, puesto que no se precisan dichos conocimientos para desarrollarlos: basta con escribirlos y hacer que el ordenador los ejecute. Asimismo, he explicado detalladamente la parte básica general de cada uno de los programas, cuando éstos lo requerían, y he añadido la información astronómica pertinente.

Está muy extendida la opinión de que todo lo que acontece en el campo de la ciencia es de nuestros días, y quizá pueda haber en ello algo de verdad, si se lo considera desde el punto de vista de que hoy son muchas las personas que se ocupan de la marcha de los acontecimientos. Pero la Astronomía tiene una larga historia y aún permanecen en vigor leyes, fórmulas y cálculos concebidos hace siglos, antes, incluso, de que se inventara el telescopio. Piénsese, por ejemplo, en que la magnitud escalar de las estrellas, de Hiparco, tiene vigencia todavía (2.110 años después de que la formulara). No sólo es una ciencia antigua la Astronomía, ¡el cálculo es más antiguo de lo que podemos suponer!

Somos prisioneros en esta isla maravillosa llamada Tierra —una minúscula partícula que navega en el Cosmos—. Esperemos que algunos de los programas que se incluyen en este libro seduzcan lo bastante al lector como para provocar el vuelo de su fantasía hacia otros mundos, ensanchando así su experiencia intelectual.

Reconocimientos

He de dar las gracias al doctor Peter Duffett-Smith, por la utilización de sus algoritmos en los dos programas de efemérides planetarias, y a James Weightman, quien escribió la mayor parte del programa de los satélites Jovianos para este libro, basado en un algoritmo de Jean Meeus.

Todas las ilustraciones de este libro son del autor, a menos que se indique expresamente lo contrario.

Notas explicativas

Las notas que van a continuación se incluyen como orientación para el usuario del Spectrum.

Compatibilidad entre los Spectrum de 16K y 48K

Los programas que contiene este libro pueden operar, sin modificación alguna (a excepción del programa titulado "Mapas estelares" del capítulo 8), en el Spectrum de 16K, a pesar de que los escribí en mi Spectrum de 48K. El mencionado programa del capítulo 8 sólo se puede ejecutar en éste. La capacidad total de memoria necesaria para operar los otros programas no debería sobrepasar los 7K (con lo que quedan 9K de memoria útil en el Spectrum de 16K). No se incluye ningún código de rutina de máquina, y las escasas instrucciones de acceso a código de máquina POKE's y PEEK's que se emplean, son compatibles con ambas versiones del Spectrum.

Los programas

La mayor parte de los listados de este libro se prepararon para una impresora EPSON y un interface RS232. Sólo las cadenas de caracteres ASCII se pueden confiar normalmente a una impresora distinta de la del Spectrum; por eso, los gráficos de baja resolución del Spectrum y los caracteres gráficos "UDG" CHR$ 128 a CHR$ 164 inclusive, se denominan como códigos CHR$ en los listados, cuando se incluyen en programas.

Esto no afecta al proceso de los programas, y es preferible en muchos aspectos —sin que haya dudas respecto a qué carácter se trata.

B.N. La impresora EPSON no contiene el signo #, por lo que se representa en los listados con el signo £, ni el de copyright ©, que se representa, a su vez, por el signo @.

He tratado de asegurar, dentro de lo posible, que los listados del libro sean idénticos a los que aparecen en la pantalla cuando escribas el programa.

Aunque no es probable que un programador pueda entender perfectamente la técnica de otro, puede ser de alguna utilidad que exponga algunos de los puntos que presiden la exposición de los programas.

1. La pantalla del Spectrum y los listados tienen un límite máximo de 32 caracteres por línea, incluyendo el número de línea.
2. Las líneas con instrucciones múltiples no facilitan la legibilidad.
3. En una instrucción PRINT de línea simple sólo se pueden utilizar 19 caracteres antes de que se desborde en la línea siguiente.
4. Las instrucciones REM constituyen una ayuda importante al desglosar el programa.

No estoy de acuerdo con la opinión de que la calidad de un programa se debe juzgar por su longitud. Un programa debe permitirnos obtener los máximos resultados con el menor esfuerzo posible, sobre todo si hay que escribirlo mediante el teclado. Por eso, utilizo más bien poco las órdenes PRINT y, por tanto, también hago que la salida en la pantalla contenga sólo la información necesaria para que pueda ejecutarse el programa.

Errores

Generalmente, los errores de las entradas de datos se reducen al mínimo. En el capítulo 10 he incluido algunas indicaciones útiles que te pueden ayudar, si lo deseas. Si un programa se para, con un dato disparatado por ejemplo, se pierde generalmente poca información (aunque signifique un golpe para tu orgullo) y el programa puede comenzarse de nuevo con una orden GOTO (en las notas de los programas se incluyen algunas condiciones especiales).

Copias por la impresora ZX

Todos los programas se han efectuado de manera que su impresión en la pantalla pueda tener calidad, tanto en monocromía como en color. Por ello, tanto los textos como los gráficos están representados con gran nitidez, y se pueden sacar copias a través de la impresora ZX, aunque no está de más recordar que ésta sólo nos proporcionará esas copias en blanco y negro, sin tonos intermedios. También los resultados, cuando se obtengan a través de la impresora, saldrán siempre en blanco y negro, y parecerán un negativo de la imagen de la pantalla, a pesar de que he utilizado representación inversa (BORDER 0: PAPER 0: INK 9), es decir, pantalla negra con colores de salida blanco o brillantes, a fin de dar la impresión de noche estrellada.

Si no dispones de una impresora ZX, o la que tienes no está conectada al Spectrum, los programas se saltarán las órdenes COPY, LLIST y LPRINT cada vez que las encuentren, y pasarán a la línea siguiente. Si no sabes bien cómo quitar esas instrucciones del programa es mejor que las dejes donde están.

Enmiendas

Ninguno de los programas que contiene este libro es sagrado, de manera que puedes introducir tus propias enmiendas cuando lo necesites, con lo que personificarás el producto final.

Por ejemplo, yo casi no he utilizado la instrucción BEEP, porque asocio la Astronomía con el disfrute de noches maravillosamente silenciosas bajo un cielo estrellado. Pero si crees que estas instrucciones vienen bien a tu propio programa, puedes añadir cuantas quieras a las ya incluidas.

Velocidad de procesamiento

Se ha escrito mucho, en la literatura especializada en ordenadores, acerca del tiempo que un ordenador tarda en ejecutar una serie de instrucciones como medida de la velocidad de procesamiento de ese ordenador. Esto puede ser importante en los programas de búsqueda o selección de información, pero, como quiera que ninguno de los programas que se contienen en este libro es de esa naturaleza, la cuestión resulta irrelevante. La velocidad de operación del Spectrum es más que adecuada para la mayor parte de las tareas que ha de ejecutarse en Astronomía para aficionados.

Pongamos un ejemplo: el programa "Efemérides planetarias", del capítulo 6, tarda unos veinte segundos en procesar e imprimir en la pantalla todas las posiciones de los planetas —de Mercurio a Plutón—, con una precisión de minutos de arco para cualquier fecha que se elija. Pues bien, un matemático experto tardaría de quince a veinte minutos, por cada planeta, en hacer tales cálculos "a mano".

Del Spectrum al firmamento

Algunos de los programas incitan a la observación, por lo que espero que te animes, a veces, a dejar tu Spectrum y busques los planetas y las estrellas a que se hace referencia en los programas, utilizando unos prismáticos o un telescopio. Ello daría más valor a los programas.

A estos efectos, puede servir un pequeño telescopio. El dato más importante a la hora de elegirlo no es su tamaño (que es consecuencia de la disposición de sus elementos ópticos), sino el tamaño de la apertura de su lente colectora principal —o del espejo, si es un telescopio reflector.

Cualquier cosa que mejore la mezquina apertura del ojo humano (7 mm de diámetro como mucho, cuando se ha adaptado a la oscuridad) producirá resultados sorprendentes. Por ejemplo, un telescopio refractor (lentes), de 60 mm de apertura, recoge al menos 70 veces, es decir, $(60/7)^2$ más luz que el ojo, y hace claramente visibles muchos objetos que parecen apagados en la noche.

Incluimos, como apéndice, una lista de algunas organizaciones que estarían encantadas de ayudarte si te acabas convirtiendo en un adicto de la Astronomía.

¡Aviso! Nunca debes mirar al sol con unos prismáticos o un telescopio, pues quedarías ciego al instante y para siempre. Y esta recomendación vale incluso para los instrumentos provistos de los llamados filtros solares, puesto que éstos pueden hacerse añicos con el calor del sol, o permitir el paso de radiaciones peligrosas.

Introducción

En torno a las siete de la tarde del domingo 25 de septiembre de 1983, me pregunté, con objeto de hacer un alto en la mecanografía de este libro, si el planeta Júpiter estaba visible en el claro cielo del atardecer. El planeta estaba ya bajo, al suroeste, cuando lo contemplé la última vez, unas semanas antes, y su situación no había mejorado. Era esencial actuar con rapidez, por lo que efectué una rápida consulta mediante programas como los que se incluyen en este libro.

Primero procesé la cinta del programa "Efemérides planetarias", con la fecha de entrada "1983:9:25". Apenas veinte segundos más tarde, se había completado todo el proceso y obtenía todas las posiciones de los planetas mediante la impresora ZX.

A continuación, procesé el programa "Buscaestrellas", con la posición de Júpiter en RA 16 h, 16 min y Dec —20,8° introducido juntamente con la latitud del punto en que me encontraba (+ 51,2° N). El programa se detuvo durante el proceso de trazado a las 18 horas GMT (igual a 7 pm BST) y obtuve otra copia que indicaba que Júpiter debería estar en una posición de azimut de 211° (dirección sur-suroeste) y a una altura de + 12° sobre el horizonte. ¡Aún había oportunidad de contemplar a Júpiter, pero solamente con un cielo claro, antes de que se hicieran visibles las estrellas!

Finalmente, procesé el programa "Satélites de Júpiter", e introduje la fecha para trazar, a intervalos de dos horas. También saqué copia de lo que apareció en la pantalla.

A continuación, emprendí una frenética carrera hacia el fondo del jardín, donde tenía montado permanentemente el telescopio. ¡La suerte estaba de mi lado! Allí, visible claramente, mediante el telescopio, anidado en un hueco del tejado, estaba el planeta Júpiter, con cuatro lunas que le acompañaban en desordenada alineación. La referencia obtenida para los satélites Jovianos los identificaba como Europa, Io, Calisto, el mismo Júpiter y, al otro lado del planeta, un solitario Ganímedes. Todos, precisamente, en la situación prevista para tal fechay hora.

Unos minutos más tarde, a las 18,20 GMT, Júpiter desapareció tras las chimeneas, mas no antes de que alguno de la familia Gavin fuese atrapado por un espía mediante el telescopio. Esto pone de manifiesto que, incluso cuando el tiempo apremia, los programas se pueden encadenar rápidamente para obtener de ellos información relevante que hace a la Astronomía más gratificadora. Espero que ello contribuya a entretenerte.



Capítulo 1

Tiempo

El tiempo y el calendario

El tiempo no es, realmente, el tic-tac de un reloj. Si el tiempo no existiera, tampoco existiría el Universo. El tiempo es, fundamentalmente, una medida del *cambio* experimentado por la posición de un objeto (es decir, del movimiento), sea el de un electrón que gira en torno al núcleo atómico, o el proceso de alejamiento de las galaxias a partir del Big Bang.

Afortunadamente, el tiempo parece algo tan natural como el respirar. El tic-tac del reloj es una forma sencilla de dar fe del paso de los acontecimientos en segundos, minutos y horas. Y el calendario ordena, de algún modo, lo que acontece, en períodos de veinticuatro horas.

Los astrónomos utilizan todos los sistemas familiares de medir el tiempo, aunque necesitan introducir en ellos algunas variantes.

El cronometraje de la Tierra

Aunque se crea que la Tierra es un cronómetro perfecto, ya que da una vuelta completa sobre sí misma una vez cada veinticuatro horas, se han descubierto en su período de rotación pequeños fallos que han de detectarse mediante modernos cronómetros de extremada precisión. Como un año tiene exactamente 365,2422 días, no sólo tenemos que saltarnos años para corregir el calendario, sino introducir "segundos escalares" para corregir el período de rotación de la Tierra. Estos segundos escalares se aplican sólo en intervalos infrecuentes, de quizá un año o más, y su necesidad no se puede predecir con certeza.

La Tierra se puede comparar con un patinador que gira en el hielo sobre sí mismo. Cuando extiende los brazos, su velocidad de giro disminuye, porque el movimiento de rotación se ha convertido en un "momento angular". En el caso de la Tierra, parece ser que los cambios climáticos (como pueden ser una serie de depresiones que se originen en el Atlantico Norte durante varios meses) pueden contribuir a que se produzcan ligeros cambios en sus movimientos angulares, y ello obliga a introducir "segundos escalares". Lo que decimos no está demostrado plenamente, pero no está de más que

recordemos que una simple tormenta sobre Gran Bretaña descarga más energía que una bomba H. Tal es el poder de la meteorología.

El calendario

Los 365 días del año (o 366, si el año es bisiesto) se distribuyen en semanas de siete días, entre 28 y 31 días al mes y 12 meses al año. La palabra mes (*month* en inglés) deriva probablemente de lunar *(moonth),* debido a que éste es, aproximadamente, el período de tiempo que tarda la Luna en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra, pasando por cuatro fases —luna llena, cuarto creciente, luna nueva, cuarto menguante y luna nueva otra vez— de siete días aproximadamente de duración cada una.

La reforma gregoriana del calendario

La promulgación del calendario que permitía introducir un día escalar cada cuatro años, se debe a Julio César. Con ello se conseguía recuperar el desfase anual de un cuarto de día (unas seis horas). Al hacerlo así, se suponía que el año tenía 365,25 días, mientras que se ha demostrado que, en realidad, el año tiene 0,0078 días (11,23 minutos) menos. Esta diferencia, que se puede considerar trivial cuando se la contempla aisladamente, puede acabar retrasando en varios días el comienzo de un año en el transcurso de varios siglos, por lo que, en el siglo XVI, la cuestión se consideró seriamente.

En octubre de 1582, el papa Gregorio* introduce el calendario que lleva su nombre, establecido para mejorar el calendario Juliano. Para ello, se suprimieron los días comprendidos entre el 5 y el 14 de octubre, ambos inclusive, de aquel año, de manera que el 15 de octubre siguió al 4 del mismo mes, haciendo regresar al calendario al punto donde había comenzado el de Julio César.

Para asegurar que no se volviese a producir un desajuste semejante durante varios miles de años, se tomó una segunda medida, consistente en acordar que dejaran de ser bisiestos los años 1770, 1800 y 1900, previstos como tales por el calendario Juliano, y, en cambio, siguieran siéndolo los años 1600 y 2000, ambos divisibles por 400. Simple, pero efectiva medida con la que se ha podido reducir el error de 11,23 minutos a tan sólo unos 26 segundos, que es la diferencia que existe entre el año civil (tal como lo aceptan los Gobiernos) y el año tropical o año real. Tal desfase de 26 segundos se puede corregir mediante la omisión de un año bisiesto cada 3.334 años, con lo que podemos dejar la solución del problema a la acción de las generaciones venideras. Como podemos comprobar, el papa Gregorio y su consejero para la reforma del calendario, Clavius, eran hombres de visión amplia.

Pero, como quiera que el calendario Gregoriano se estableció por el Vaticano, los países protestantes, como Inglaterra, se negaron a aceptarlo. De hecho, Inglaterra y sus colonias de América del Norte no lo introdujeron hasta 1752, lo que explica la

* Gregorio XII [*N. del T.*].

parquedad con que se hace referencia a los acontecimientos de 1582 en los libros americanos que tratan de estas materias. Uno de los últimos Estados en adoptar el calendiario Gregoriano fue la URSS, que no lo hizo hasta 1917.

Cuanto acabamos de reseñar es importante para el historiador de temas políticos o astronómicos. El calendario que se utilice para realizar una prueba debe de estudiarse muy bien, para saber a qué fechas se refiere realmente.

Hecha esta introducción, veamos algunos programas relacionados con el calendario y el tiempo.

"Calendario del Spectrum"

El programa que incluimos a continuación muestra en la pantalla un calendario a color, en el que aparecen los meses, de cuatro en cuatro, de cualquier año que se seleccione, a partir de 1582, año en el que se introdujo el calendario Gregoriano, o, si se prefiere, el Calendario Reformado moderno.

El programa

La parte esencial del programa es la línea 10, en la que se calcula el número del llamado Día Juliano, a través de la variable j(m) para el primer día de cada mes, mediante el empleo del primer bucle FOR/NEXT m. En la línea 130 se compara este día con el número del Día Juliano de cada día, comparando la variable jx con el número del Día Juliano para el primer día del mes próximo:

```
130 IF jx=j(m+1) THEN GOTO 190
```

es decir, comienza un nuevo mes. Con ello conseguimos que cada mes tenga el número de días que le corresponden y que se consideren los años bisiestos (en los que febrero tiene 29 días), a intervalos de 4, 100 y 400 años.

La brevedad de la subrutina que permite considerar el número del Día Juliano en una sola línea se ha conseguido mediante el empleo de la Lógica Boleana, por la cual, lo que va entre paréntesis sólo se considera cuando es cierto y se anula cuando es falso. La línea 140 identifica el día de la semana (domingo, lunes, etc.).

En la línea 220 se incluye una instrucción de salto (GOTO), a fin de que aparezcan las dos páginas siguientes (es decir, las que comienzan por mayo y septiembre) del calendario. Es importante que las líneas 311 y 313 no sufran modificación porque, en caso contrario, el programa no pasará de la primera página, que contiene los meses enero, febrero, marzo y abril. El valor del segundo bucle FOR/NEXT m se va elevando mediante la variable "a" en la línea 311. La instrucción de salto GOTO de la línea 220 repite este bucle m hasta que m sea igual a 12+1 para diciembre, así el programa hará GOTO 313 (300+13) y se procesará de nuevo.

Las instrucciones REM identifican la estructura general del programa. La mayor parte de ellas se refieren a la compleja presentación y disposición de la pantalla. En la

línea inferior de la pantalla aparece durante un momento el número de cada Día Juliano. En cada número aparece un valor de 0,5, dado que el Día Juliano comienza a mediodía (esto se explica en este mismo capítulo, más adelante, con ocasión del programa "Fecha Juliana"). Véase, en la figura 1.1, una página de muestra del calendario del Spectrum.

La utilización de la instrucción n$ al comienzo del programa tiene el doble propósito de titular el listado y la presentación en pantalla. La variable a$ reserva espacio, mediante la instrucción de dimensionamiento DIM a$ (30) para utilizarlo en la línea 40:

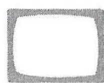
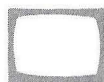
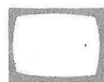
40 PRINT ... d$ + a$ + d$ ...

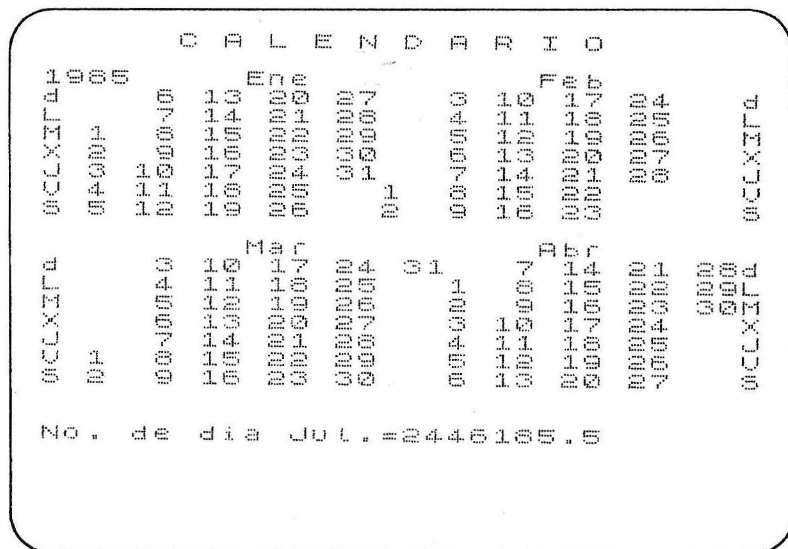
en lugar de la más usual:

PRINT ... d$ + " 30 espacios vacíos " + d$ ...

en la que la variable d$ contiene las letras iniciales de los días de la semana, desde el carácter 37 en adelante (el contenido completo de la variable d$ se presenta en la línea 6). El resto de la variable d$ contiene el nombre de los meses.

La línea 210 contiene una instrucción condicional para que el ordenador facilite una copia de lo que aparece en su pantalla, página a página, mediante la orden INKEY$.



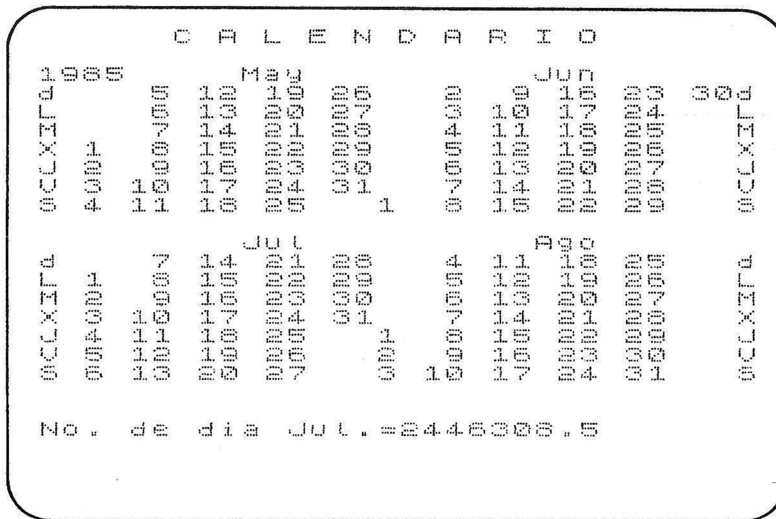




Figura 1.1. Ejemplos de calendario.

```
  1 REM LISTADO
  2 REM ************************
  3 LET n$="   CALENDARIO    "
  4 REM ************************
  5 DIM a$(30): DIM j(12): DIM
e$(12,3): LET a=1: RESTORE : FOR
```

```
 f=USR "n" TO USR "n"+7: READ n:
 POKE f,n: NEXT f: REM : REM e e
   6 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
: LET d$="EneFebMarAbrMayJunJulA
goSepOctNovDicdLMXJVS"
   7 INPUT "a o=";y: IF y<1583 T
HEN  GO TO 7
   8 LET yy=y/100: LET y1=INT yy
: LET yt=y/400: LET y4=INT yt
   9 REM ************************
  10 FOR m=1 TO 12: LET j(m)=INT
 (365.25*(y-(m<3)))+INT (30.6001
*(m+1+12*(m<3)))-y1+y4+1720996.5
+1+(1 AND yy=y1 AND yt<>y4 AND m
<3)
  12 LET e$(m)=d$(m*3-2 TO m*3)
  15 NEXT m
  20 CLS : LET z=1: LET zz=0
  24 REM ************************
  25 REM     pantalla inicial
  26 REM ************************
  30 FOR n=1 TO 13: PRINT  PAPER
 n/2-1; INK 9;n$(n)+" ";: NEXT n
  40 PRINT : PRINT : PRINT y: FO
R f=0 TO 1: FOR n=1 TO 7: PRINT
 PAPER 7-n; INK 9;d$(36+n)+a$+d$
(36+n): NEXT n: PRINT : PRINT :
NEXT f
  50 PRINT AT 2,9;e$(a);AT 2,22;
e$(a+1);AT 11,9;e$(a+2);AT 11,22
;e$(a+3)
  54 REM ************************
  55 REM formateado de pantalla
  56 REM ************************
  60 FOR m=a TO a+3: LET xx=1
  80 IF m=3 OR m=4 OR m=7 OR m=8
 OR m=11 OR m=12 THEN  LET xx=10
: LET zz=0
  90 IF m=3 OR m=7 OR m=11 THEN
 LET z=1
 100 FOR d=1 TO 31
 110 LET jx=j(m)+d-1
 120 IF m=12 THEN  GO TO 140
```

```
 130 IF jx=j(m+1) THEN  GO TO 19
0
 140 LET q=INT (jx-5)-7*INT ((jx
-5)/7)+1
 150 LET x=q+1: IF q=1 THEN  LET
 x=x-q+1: LET z=z+3
 154 REM ************************
 155 REM  imprime el calendario
 156 REM ************************
 160 PRINT AT x+xx,z+zz; PAPER 7
-q;(" " AND m/2=INT (m/2))+(" "
AND d<10); INK 9;d
 170 PRINT AT 21,0;"No. de dia J
ul.=";jx
 180 NEXT d
 190 NEXT m
 194 REM ************************
 195 REM          menu
 196 REM ************************
 200 PRINT #0;"'z'para COPIA,'c'
para continuar": PAUSE 0
 210 IF INKEY$="z" THEN  COPY
 215 REM **siguientes 4 meses***
 220 GO TO 300+M
 311 LET a=a+4: GO TO 20
 313 RUN : REM despues del mes 1
2
 315 REM ************************
9990 SAVE "Calendario" LINE 1
```

"Fecha juliana"

Los astrónomos se interesan, naturalmente, por hechos que tienen lugar lejos de la Tierra y que a veces se suceden con una periodicidad complementamente ajena a nuestro calentario. Y, como quiera que establecer su temporalidad mediante anotaciones de los momentos en que se suceden, podría resultar penoso, recurren a un sistema de contabilización muy simple, llamado número del Día Juliano o, abreviado, DJ.

El momento de referencia es el mediodía (GMT, hora del meridiano de Greenwich) del 1 de enero de 4713 antes de Cristo. Cada fecha se corresponde con un particular DJ, que comienza a mediodía, y que actualmente es un número de siete cifras, superior a 2.400.000. Este número, que se superó el 17 de noviembre de 1858, se utili-

za a veces como fecha de referencia, llamada número del Día Juliano Modificado (DJM).

La rutina que presentamos a continuación calcula el DJ de cualquier fecha que se facilite al ordenador posterior a octubre de 1582 —mes en que se promulgó el calendario actual (gregoriano).

El DJ puede contener fracciones decimales de días, de modo que cualquier acontecimiento que se produzca en un día determinado puede referenciarse, con detalles de décimas de segundos, mediante un simple, aunque largo, número. Por ejemplo:

MD 2445470,501 = lunes, 16 de mayo, a las 0 h, 1 min, 26,4 seg (GMT)

es decir, 1 min y 26,4 seg después de la medianoche del lunes, 16 de mayo de 1983.

Como puede verse, el número del Día Juliano es más adecuado para operar con el ordenador que las fechas del calendario regular normal.

```
   1 REM LISTADO
   9 REM ************************
  10 PRINT "Fecha Juliana(OhTU)=
";
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  30 LET D$="SabDomLunMarMieJueV
ieEneFebMarAbrMayJunJulAgoSepOct
NovDic"
  40 INPUT "a o";Y,"mes";M,"dia"
;D
  50 LET M$=D$(M*3+19 TO M*3+21)
 100 GO SUB 1000: LET J=JJ+D
 160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
 170 LET E$=D$(3*Q-2 TO 3*Q)
 200 PRINT J+1720996.5
 300 PRINT Y;" ";M$;" ";D;"=";"d
ia ";E$: PRINT : GO TO 1
 909 REM ************************
 910 REM calc no. de dia Juliano
 911 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET JJ=INT (365.25*(Y-(M<3)
```

```
))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)))-
Y1+Y4
1040 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M<3
 THEN LET JJ=JJ+1
1050 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "DiaJ"
```

"Calendario Juliano"

Este programa, que es una variante del de la "Fecha Juliana", presenta en la pantalla un Calendario del Día Juliano completo para cualquier mes de cualquier año posterior a octubre de 1582. También puede identificar los días de la semana, haciendo que resalten por contraste, los domingos, mediante la instrucción de inversión de vídeo (INVERSE). Véase la figura 1.2.

```
[illegible]

[illegible]                    [illegible]
Lu2     2445883.5         Lu16    2445897.5
Ma3     2445884.5         Ma17    2445898.5
Mi4     2445885.5         Mi18    2445899.5
Ju5     2445886.5         Ju19    2445900.5
Vi6     2445887.5         Vi20    2445901.5
Sa7     2445888.5         Sa21    2445902.5
[illegible]                    [illegible]
Lu9     2445890.5         Lu23    2445904.5
Ma10    2445891.5         Ma24    2445905.5
Mi11    2445892.5         Mi25    2445906.5
Ju12    2445893.5         Ju26    2445907.5
Vi13    2445894.5         Vi27    2445908.5
Sa14    2445895.5         Sa28    2445909.5
                          [illegible]
                          Lu30    2445911.5
                          Ma31    2445912.5
```

Figura 1.2. Ejemplo de calendario Juliano mostrando el número del Día Juliano para cada día.

El programa da cuenta del número actual de días en el mes que se selecciona. El DJ se imprime completo y se temporiza a las 0 h UT (GMT), es decir, desde la medianoche. Pero, como quiera que el DJ comienza a mediodía de la fecha anterior, a la respuesta se suma 0,5. Esto representa las 12 horas que transcurren entre el mediodía y la medianoche, momento este último en que comienza un día civil.

```
   1 REM LISTADO

   9 REM ************************
  10 PRINT "Calend. Juliano ";
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f: REM e e
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  30 LET D$="MaMiJuViSaDoLuEneFe
bMarAbrMayJunJulAgoSepOctNovDic"
  39 REM ************************
  40 INPUT "a o";Y,"mes";M
  41 REM ************************
  50 LET M$=D$(M*3+12 TO M*3+14)
  60 PRINT Y;" ";M$;"(Ohr TU)"
 100 GO SUB 1000
 110 LET X=0: LET A=0
 115 FOR D=1 TO 31: LET J=JJ+D
 120 IF D>14 THEN  LET X=14: LET
 A=3: REM X,A para el formateado
 de pantalla
 149 REM ************************
 150 IF J=J1+1 THEN  STOP
 151 REM ************************
 160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
 170 LET E$=D$(2*Q-1 TO 2*Q)
 180 INVERSE 0
 189 REM ************************
 190 IF E$="Do" THEN  INVERSE 1
 191 REM ************************
 200 PRINT AT 1+D-X,X+A;E$;D;
 210 PRINT TAB X+6+A;J+.5
 220 NEXT D: STOP
 909 REM ************************
 910 REM calc no. de dia Juliano
 911 REM ************************
1000 LET ED=1720996: LET M1=M+1
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1020 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M<3
 THEN  LET ED=ED+1
```

```
1030 LET JJ=ED+INT (365.25*(Y-(M
<3)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)
))-Y1+Y4
1040 IF YY=Y1 AND YT<>Y4 AND M1=
3 THEN  LET ED=ED-1
1050 LET J1=ED+INT (365.25*(Y-(M
1<3)))+INT (30.6001*(M1+1+12*(M1
<3)))-Y1+Y4
1060 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "CalJ"
```

"Día de la semana"

¿En qué día de la semana naciste?

¿Cuándo volverá a caer en jueves el día de Navidad?

Este simple programa resuelve tales problemas, comparando cualquier fecha que se le facilite con el día de la semana —domingo, lunes, etc.—. Resulta ideal para incorporarlo como subrutina, en la que se incluye la fecha, a un programa más largo.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Dia de la semana=";
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  30 LET D$="SabDomLunMarMieJueV
ie"
  40 INPUT "a o";Y,"mes no.";M,"
dia";D: GO SUB 1000
 160 LET Q=J-7*INT (J/7)+1
 170 LET E$=D$(3*Q-2 TO 3*Q)
 300 PRINT D;"/";M;"/";Y;"=";E$:
 PRINT : GO TO 1
 909 REM ************************
 910 REM calc no. de dia Julian
 911 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET J=D+INT (365.25*(Y-(M<3
)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3)))
-Y1+Y4+(1 AND YY=Y1 AND YT<>Y4 A
```

```
ND M<3): RETURN
9900 REM *************************
9990 SAVE "Diasem"
```

```
Dia de la semana=12/12/1984=Mie
Dia de la semana=1/1/1985=Mar
Dia de la semana=3/11/1984=Sab
Dia de la semana=3/11/1983=Jue
Dia de la semana=1/1/1900=Lun
Dia de la semana=12/12/2000=Mar
Dia de la semana=24/3/1985=Dom
Dia de la semana=2/5/1814=Lun
Dia de la semana=1/3/1756=Lun
Dia de la semana=31/1/2001=Mie
Dia de la semana=
```

Figura 1.2. Ejemplo del programa «Día de la semana».

"Intervalos entre dos fechas"

Presentamos a continuación un programa que calcula los intervalos correctos, en días, horas y minutos, entre dos fechas que pueden mantener entre sí una separación tanto de pocos minutos como de siglos. La parte importante del programa comienza a partir de la línea 10, donde se introduce un MJD (Month Julian Day) para cada fecha que se proporciona al ordenador. Cada fecha tiene un solo DJ y el programa tiene en cuenta los años bisiestos, a intervalos de 4.100 y 400 años. Cuando se introduce una fecha errónea, el ordenador la corrige, antes de calcular los intervalos.

Ejemplo *a*) 33 de febrero de 1983 (fecha errónea) = 5 de marzo de 1983 (fecha correcta).

b) 33 de febrero de 1984 (fecha errónea) = 4 de marzo de 1983 (fecha correcta).

Las dos fechas se pueden introducir en el ordenador en cualquier orden, pues la instrucción de la línea 70 asegura siempre que el resultado será positivo. El mes debe proporcionársele en su expresión numérica (1 para enero, 2 para febrero, etc.). En la figura 1.3 se da un resultado típico.

```
1984/7/1  0h  0m
1984/8/1  0h  1m
Intervalo de dias=31.000732
31d  0h  1m

1984/1/1  0h  0m
1985/1/1  0h  0m
Intervalo de dias=366
366d  0h  0m

1986/3/2  13h  45m
2020/4/5  23h  0m
Intervalo de dias=12453.385
12453d  9h  13m

1900/1/1  0h  0m
2001/1/1  0h  0m
Intervalo de dias=36890
36890d  0h  0m
```

Figura 1.3. Ejemplo del programa que calcula el intervalo de días entre dos fechas.

```
   9 REM ************************
  10 REM . Intervalo de Dias
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  20 DIM J(2): FOR x=1 TO 2
  40 INPUT "a o";Y;" mes";M;" di
a";D,"hr(0-23)";H;" min";mn
  50 PRINT Y;"/";M;"/";D;" ";H;"
h ";MN;"m": LET D=D+H/24+MN/1400
  60 GO SUB 1000: NEXT x
  70 LET dia=ABS (J(1)-J(2))
  80 PRINT "Intervalo de dias=";
dia
  90 LET hora=24*(dia-INT dia):
LET min=60*(hora-INT hora)
 100 PRINT INT dia;"d ";INT hora
;"h ";INT min;"m";'': GO TO 1
 909 REM ************************
 910 REM calc no. de dia Juliano
 911 REM ************************
1010 LET YY=Y/100: LET Y1=INT YY
: LET YT=Y/400: LET Y4=INT YT
1030 LET J(x)=D+INT (365.25*(Y-(
M<3)))+INT (30.6001*(M+1+12*(M<3
```

```
)))-Y1+Y4+(1 AND YY=Y1 AND YT<>Y
4 AND M<3): RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "intdias"
```

Hora local sideral

Nuestros relojes, basados en un período de 24 horas, o en dos de 12, cronometran la andadura diaria del Sol por el cielo. A mediodía, la posición del Sol apunta aproximadamente al sur, a causa, más o menos, de que la órbita de la Tierra en torno al Sol no es perfectamente circular, sino ligeramente elíptica. Esto significa que la velocidad que lleva la Tierra mientras recorre su órbita varía según las estaciones, en tanto que el movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje es casi constante. Como consecuencia de todo ello, el paso diario del Sol por el meridiano sur sufre una disincronía de unos 15 minutos de adelanto, o de retraso.

Las estrellas, en cambio, mantienen una periodicidad virtualmente constante, ya que, al encontrarse tan lejos de la Tierra, las variaciones que ésta experimenta al recorrer su órbita no tienen consecuencias. Las estrellas ocupan su lugar en el cielo con un adelanto diario de cuatro minutos, tanto si la luz del día permite contemplarlas como si no. Por tanto, el tiempo sideral, o tiempo que se basa en las estrellas, se mide mediante relojes que se adelantan cuatro minutos a los normales.

El conocimiento del tiempo sideral de cualquier fecha y hora es importante para que los astrónomos puedan planificar con antelación sus sesiones de trabajo (siempre que el tiempo lo permita). Las mejores oportunidades para contemplar el cielo son aquéllas en que la zona de interés celeste queda al sur del observador, si éste se encuentra en el hemisferio norte, o al norte, cuando el observador está situado en el hemisferio sur, y a las mayores alturas posibles, ya que, cuanto mayor sea la altura a que esté el observador respecto al horizonte, menor será el parpadeo con que se ven las estrellas, debido a las perturbaciones atmosféricas. El pequeño programa que planteamos a continuación calcula el tiempo sideral local correspondiente a los datos que se introduzcan en el ordenador. Por ejemplo, si el tiempo sideral que resulta de efectuar los cálculos es 6 h y 44 min, la estrella que más brilla en el cielo, Sirius, estará en dirección al sur, cuando esta hora coincide con la Ascensión Recta, que se explica en el capítulo siguiente, para Sirius.

```
   9 REM ************************
  10 REM    Hora local sideral
  11 REM ************************
  15 PRINT  PAPER 6;"HLS=ASC. de
 la estrella al SUR"'"de tu posi
cion  "
  20 INPUT "Tu longitud 111.1:"'
"Greenwich=0-(oeste)+(este)"; LI
```

```
NE L$: LET L=VAL L$
  30 IF L$(1)<>"-" AND L$(1)<>"+
" OR ABS L>180 THEN  GO TO 20
  40 PRINT  PAPER 5;"Hora local
sid.(HLS)Long:";L$;CHR$ 130;
  50 PRINT  PAPER 5;("W" AND L$(
1)="-")+("E" AND L$(1)="+")
  59 REM ************************
  60 INPUT "Fecha aaaa,mm,dd";TA
B 6;Y;TAB 11;MM;TAB 14;D
  61 REM ************************
  70 IF MM>12 OR D<0 OR D>31 THE
N  GO TO 60
  75 PRINT D;"/";MM;"/";Y,
  79 REM ************************
  80 INPUT "GMT/TU:hh.mm";TAB 7;
 LINE E$: LET E=VAL E$
  81 REM ************************
  85 IF E>24 THEN  GO TO 80
  90 PRINT "GMT=";: LET T=INT E+
((E-INT E)/60*100)
 100 LET M=MM: IF M>2 THEN  LET
M=M+1: GO TO 120
 110 LET Y=Y-1: LET M=M+13
 120 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
 130 LET G=6.63627+6.570982E-2*(
J-2443144)
 140 LET TS=G-INT (G/24)*24
 150 LET S=L/15+T+TS+T/1436*4
 160 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 170 IF S< 0  THEN  LET S=S+24
 180 LET ST=INT (S*100)/100
 199 REM ************************
 200 LET H=T: GO SUB 300: PRINT
","HLS=";: LET H=ST: GO SUB 300
 210 PRINT : PRINT : GO TO 60
 299 REM ************************
 300 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
 H)*60+.5);"m ",: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "HLS"
```

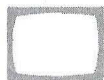
"Velocidad de reacción (reflejos)"

Aunque quizá guarde más relación con la impresión bastante "imprecisa" que tiene nuestro cerebro de los intervalos cortos de tiempo, resulta apropiado incluir este programa dentro de la sección dedicada al tiempo. El ojo humano continúa llevando aquí la voz cantante, debido a su magnífica capacidad sensitiva como detector, cuando observa a través del telescopio, mientras que los fotodetectores son caros, complejos y, generalmente, inservibles. Las puestas de un cuerpo celeste —denominamos así a la aparición o desaparición de una estrella detrás de la Luna o de un asteroide— pueden proporcionar resultados precisos de validez científica acerca del movimiento o diámetro de ese cuerpo. Este trabajo está escrito casi exclusivamente para astrónomos aficionados que utilizan telescopios poco potentes, lo cual no obsta para que sea importante conocer la llamada «ecuación personal» de cada observador (la precisión de cada observador) para ajustar sus resultados —una precisión optimista es de 0,1 segundos.

El programa

Este programa utiliza el reloj de 50 hercios del Spectrum —comenzando con la instrucción de acceso a la dirección de memoria POKE 23672,0 en la línea 45— para comprobar tu tiempo de reacción a una serie de «puestas» simuladas, tanto apariciones como desapariciones. Todos los resultados se manifiestan de una forma audible, numérica y visualmente (mediante un gráfico de barras en color). Cada acontecimiento se pone en marcha con una pausa de acceso en la línea 30, para evitar que te anticipes. Si haces trampa, presionando la tecla "p" antes de tiempo, o tardas más de cuatro segundos, el ordenador te avisa y hace caso omiso del resultado. La memoria





```
Da 'p' cuando aparezca o
desaparezca la estrella.

                    - . -
segundos

1   0.34
2   0.44
3   0.34
4   0.28
5   0.44
TU  EP  =0.368(reaparicion)
```

Figura 1.4. Resultado del Test de Tiempo de Reacción.

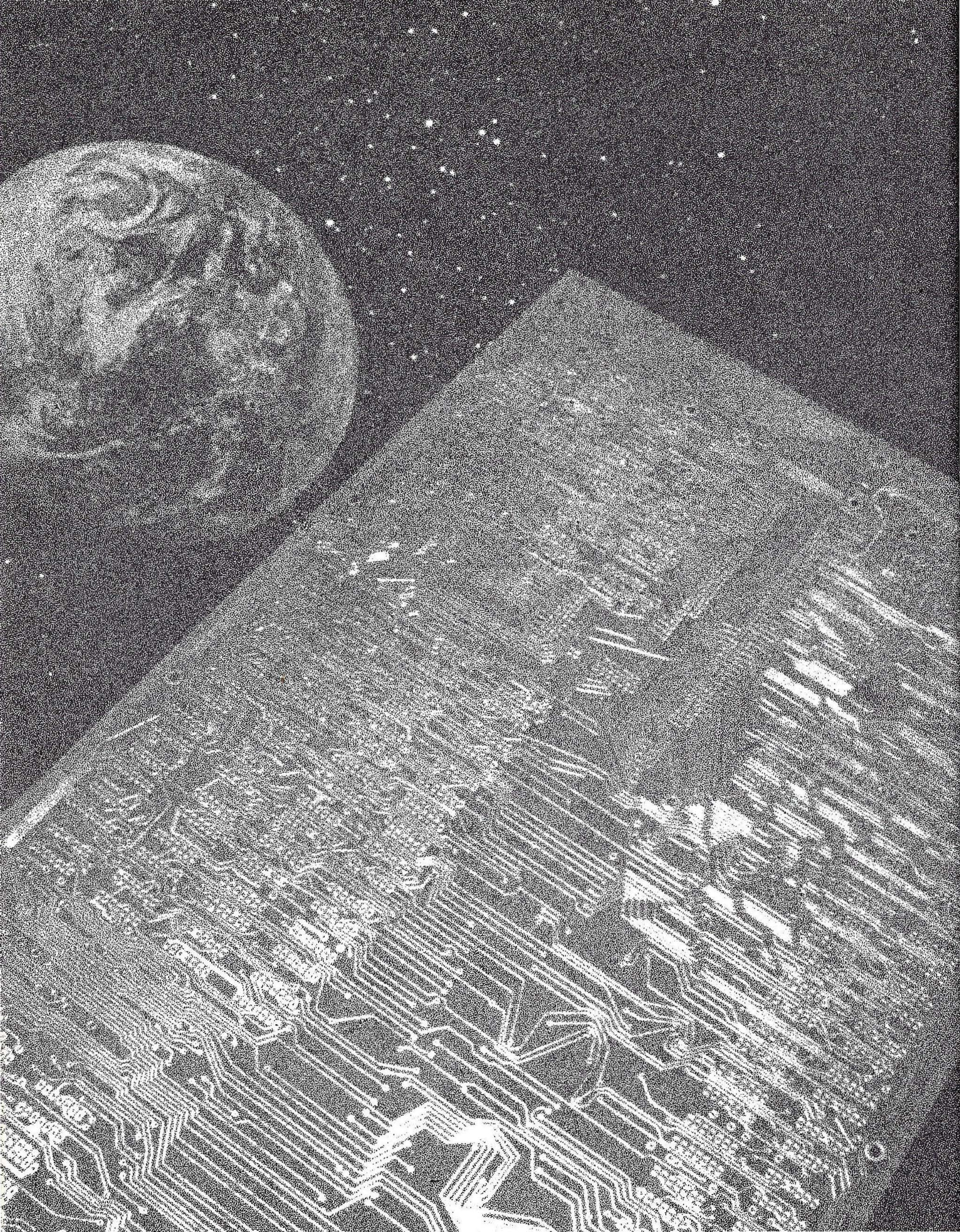
ROM del Spectrum tratará también de engañarte, saltándose líneas si se omite la pausa 1 en la línea 21, pero esto no se cuenta en tu resultado.

La parte esencial del programa está en las líneas 45 y 100 que, respectivamente, ponen el cronómetro a cero (POKE) y "leen" (PEEK) la respuesta. Las instrucciones comprendidas entre estas dos están limitadas a un bucle INKEY$, que añade menos de 0,02 seg (para procesar el dato) a tu tiempo de reacción. Tus resultados serán de 10 a 20 veces más lentos que este período. La figura 1.4 muestra un resultado típico.

Este programa puede ser muy interesante incluso para un astrónomo. ¿Cómo eres de rápido apretando el botón?

```
   2 REM ***************************
   3 PRINT "Tiempo de reaccion":
     REM ************************
*
   4 PRINT '"Ecuacion personal
"'":10 ocultaciones simuladas."
   5 FOR i=1 TO 7: PAUSE 20: PRI
NT AT 9,0; INK i;"5 reaparicione
s";AT 11,0; INK 8-i;"y 5 desapar
iciones": NEXT i: PAUSE 200
   6 PRINT ''"Si tu tiempo es>.4
4sec o =0seg  el resultado es de
scontado."
   7 PRINT #0; FLASH 1;"Da una t
ecla para empezar...": PAUSE 0
   8 BORDER 0: PAPER 0: INK 7: C
LS : LET tt=0
  10 PRINT "Da 'p' cuando aparez
ca o           desaparezca la estre
lla."
  12 PAUSE 200: PRINT AT 9,0; FL
ASH 1;"segundos"
  14 REM ***************************
  15 LET d=0: LET x=0: FOR z=0 T
O 1: LET tt=0: FOR f=1 TO 5
  20 PRINT AT 7,14;"_  _"
  21 PAUSE 1
  25 IF x=0 THEN  GO TO 30
  26 PLOT 127,112
  30 PAUSE 200+RND*300
  40 PLOT  OVER d;127,112
  44 REM ***************************
```

```
  45 POKE 23672,0
  50 IF INKEY$="p" THEN  GO TO 1
00
  60 GO TO 50
 100 LET t=(PEEK 23672)/50
 101 REM ************************
 110 PRINT AT 10+x+f,0;f;"   ";
 120 IF t=0 OR t>.44 THEN  PRINT
 "Muy rap./des.": LET q=3+t*20:
GO SUB 260: PRINT AT 10+f+x,0;"L
isto            ": GO TO 20
 130 PRINT t
 140 FOR n=9 TO t*50+9
 150 PRINT AT f+x+10,n; INK t*20
-3;CHR$ 140: NEXT n: LET q=20*t:
 GO SUB 260
 160 INPUT  FLASH 1;"aprieta ENT
ER", LINE z$
 170 LET tt=tt+t: NEXT f
 180 PRINT "Tu EP =";  FLASH 1;tt
/5; FLASH 0;("(re" AND x=0)+("(d
es" AND x<>0)+"aparicion)"
 190 IF x=0 THEN  LET q=3: GO SU
B 260: INPUT  FLASH 1;"Ahora des
apariciones-da ENTER"; LINE z$
 200 LET d=1: LET x=6: NEXT z
 210 PRINT "'Z'para copia:'R' pa
ra empezar"
 220 LET q=1: GO SUB 260
 229 REM ************************
 230 IF INKEY$="" THEN  GO TO 23
0
 240 IF INKEY$="z" THEN  COPY
 250 RUN
 251 REM ************************
 260 FOR v=-30 TO 40 STEP q: BEE
P .01*q,v: NEXT v: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Reaccion"
```



Capítulo 2

Esferas dentro de esferas

Para representar la bóveda celeste que se encuentra sobre nosotros, los astrónomos utilizan un sistema de coordenadas virtualmente idéntico al de dos dimensiones que emplea tu Spectrum para escribir (PRINT) y dibujar (PLOT y DRAW). Sin embargo, mientras que la representación que hace el Spectrum, a través de la pantalla del televisor, es pequeña y plana, la bóveda celeste constituye una envoltura de 360°, tanto en horizontal como en vertical. Uno de los hemisferios está sobre nuestras cabezas y, el otro, bajo nuestros pies, formando una esfera completa.

Calcular las posiciones en esta esfera es una operación relativamente compleja, y requiere la utilización casi constante de la Trigonometría. Está lejos de los propósitos de este libro explicar las matemáticas que su materia implica; de hecho, se excluyen deliberadamente, de manera que puedes limitarte a escribir los programas en tu ordenador, sin que te veas obligado, para ello, a tener conocimientos de Matemáticas o de Trigonometría.

Los astrónomos utilizan un determinado número de sistemas de coordenadas. Nosotros vamos a utilizar uno que se refiere a la relación que existe entre nuestro horizonte y las estrellas, cuando pasan por el firmamento. Esto implica la conversión de, por ejemplo, una posición de una estrella de un sistema a otro. Con el fin de explicar esta relación, presentamos a continuación un par de programas experimentales (experimentales quiere decir, aquí, de presentación), aunque, si prefieres obtener primero una explicación escrita, puedes leer el apartado que se titula «Interpretación de la Esfera Celeste», y volver después a estudiar los programas.

"La esfera celeste (imágenes en tres dimensiones)"

La esfera celeste (un mecanismo muy querido por los astrónomos) es difícil de representar en una superficie plana, por lo que trataremos de reconstruir una imagen de tres dimensiones por medio del Spectrum, mediante dos operaciones distintas. No te desanimes demasiado si no puedes captar la ilusión que pretendemos crear con ello. Se trata sólo de un experimento. Yo he probado ambos sistemas (los correspondientes a las dos operaciones de que hablaba antes) con razonable éxito, pero reconozco que algunos factores pueden escapar a tu control.



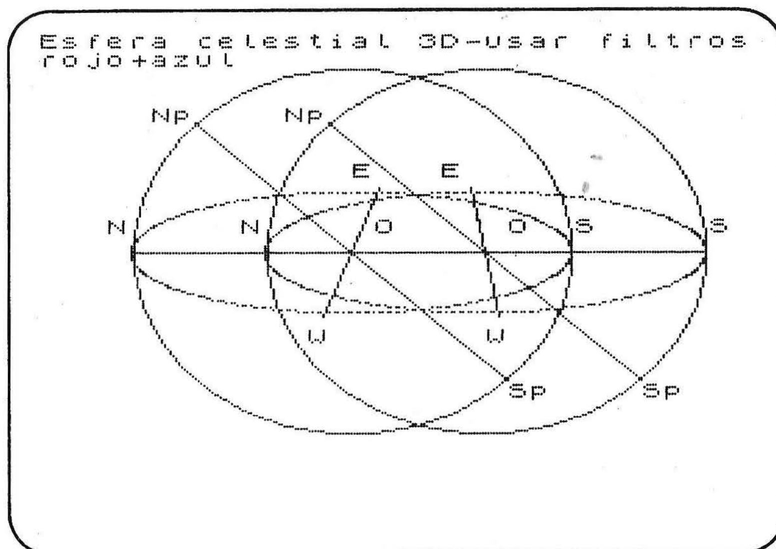


Figura 2.1. La figura muestra la imagen en la pantalla que, vista a través de filtros azul y rojo en cada ojo, dan sensación de tres dimensiones. (¡Si utilizamos un televisor en color!)

El primer sistema consiste en dibujar dos imágenes separadas en la pantalla del televisor y visualizar el resultado a través de filtros de colores. Debes utilizar un televisor en color, y puede que necesites ajustar el contraste y el color para conseguir un mejor efecto.

La figura 2.1 muestra una copia de la pantalla, una vez ejecutado este programa. Obviamente, la copia es monocroma y no pone de manifiesto que en la pantalla se utilizan dos colores sobre un fondo de color uniforme.

Las dos imágenes superpuestas se han trazado en distintos colores. La imagen de la derecha está en rojo (INK 2) y la de la izquierda en azul (INK 1). Podemos destacar que, a excepción de la línea este/oeste (E/W) y de las letras E y W, ambas imágenes son idénticas, aunque se encuentren desplazadas horizontalmente una respecto de la otra. El color del fondo es magenta (PAPER 3). La elección de estos tres colores se han efectuado tras muchas consideraciones, por lo que no se deberán modificar hasta que el experimento se haya realizado completamente, de acuerdo con el programa.

Examen de los resultados

Para mirar la pantalla del televisor se necesitan dos filtros de colores intensos, uno rojo y otro azul, puesto que los filtros de colores pálidos no nos sirven para esta operación. En la prueba, cada uno de los filtros hará virtualmente invisible la imagen que tenga en la pantalla su mismo color, mientras que resaltará la otra. Así, el filtro azul hará que resalte la imagen en rojo, y viceversa. Los filtros pueden ser de celofán colo-

reado transparente o de acetato y, cuando la naturaleza del material lo requiera, habrán de superponerse varias capas para conseguir colores más intensos. Los filtros deben de ser cuadrados, de 5 × 5 cm, aproximadamente.

Para contemplar la imagen, debemos colocarnos a una distancia comprendida entre 1 y 2 metros, según en tamaño de la pantalla del televisor, con el filtro rojo colocado ante el ojo derecho y el azul ante el izquierdo. Las dos imágenes coloreadas deberán aparecen fundidas en una, a la mitad de la distancia que separa al televisor de tus ojos. Seguramente habrás de tener un poco de paciencia antes de que el cerebro acepte "considerar" como una sola las dos imágenes discordantes.

Toda la imagen, a excepción de la línea oval del horizonte, la línea E/W (este/oeste) y las letras E y W, deben estar en el mismo plano. Del mismo modo, la letra W debe aparecer más próxima a ti, y la E más lejana. Notarás que el título del programa permanece fijo en la pantalla del televisor, debido a que está en color negro (INK 0), y como el negro es, en realidad, ausencia de color, los filtros no producen efecto en esta porción de pantalla, y la ilusión de tres dimensiones deja de percibirse.

Limitaciones

A pesar de la complejidad que encierra su presentación en la pantalla, la figura de las dos imágenes en color que se interseccionan se trazó con el menor número de líneas posible.

Esto se debe a que el Spectrum sólo puede colorear el cuadrado correspondiente a un carácter y, cuando se superpone un segundo color, la parte del dibujo que está inicialmente en rojo (INK 2) se convierte en azul (INK 1), al coincidir en el mismo cuadrado de carácter. Ello haría visibles, a través del filtro, algunas partes indebidas del dibujo y fragmentaría la imagen en tres dimensiones.

Para minimizar este efecto, se traza primero la imagen roja, que aparece fragmentada cuando se la contempla a través del filtro azul, por lo cual desempeña un papel secundario. La imagen principal, en azul, aparece vivamente, con tan pocas líneas espúreas de la imagen roja como sea posible, para que no perturben. A pesar de la debilidad de su color, la imagen en rojo de la derecha resalta de modo suficientemente efectivo, al contrastarla con la imagen de la izquierda, en azul, y ambas producen la ilusión de tres dimensiones.

Todos los televisores en color proporcionan matices (color más claro) y sombras (color más oscuro), a partir de una combinación de tres colores —rojo, azul y verde— "disparados" por el tubo de imagen del televisor. Para asegurar que el color de las imágenes en tres dimensiones estén diferenciados al máximo, se utilizan sólo colores primarios. El color del fondo debe pasar por los dos filtros de color, para que el esfuerzo de la vista sea mínimo. De aquí la selección de colores: azul (INK 1) y rojo (INK 2), con fondo de color magenta —que es azul más rojo—, conseguido mediante la instrucción PAPER 3.

El programa

El programa es bastante sencillo y contiene las suficientes instrucciones REM como para que nos sintamos guiados. Introdúcelo en el ordenador, haz que lo ejecute y verás los resultados. Las dos imágenes a color se plantean entre las líneas 60 y 140, las variables "a" y "a1" consiguen que estén suficientemente separadas, empleando el mismo bucle FOR/NEXT f.

```
   9 REM *************************
  10 REM Esfera celestial 3D-TV
  11 REM *************************
  20 BORDER 3: PAPER 3: INK 0: CLS : REM papel=magenta(rojo+azul)
  30 PRINT "Esfera celestial 3D-usar filtrosrojo+azul"
  40 LET a=112: LET a1=160: LET b=80: LET c=79
  50 REM *************************
  60 INK 2: REM imagen der. roja
  70 REM *************************
  80 CIRCLE a1,b,c
  90 PLOT a1-c,b: DRAW c*2,0
 100 PLOT a1,b: DRAW -60,60: DRAW 120,-120
 110 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
 120 LET x=SIN f*c: LET y=COS f*c/3: PLOT a1+x,b+y: NEXT f
 130 REM **Va a subrutina letras
 140 IF a=a1 THEN  GO SUB 220: INK 0: PAPER 7: STOP
 150 REM *************************
 160 INK 1: REM imagen iz. azul
 170 REM *************************
 180 LET a1=a: GO TO 80
 190 REM *************************
 200 REM linea E/W azul+letras
 210 REM *************************
 220 PLOT a1,b: DRAW 10,28: DRAW -20,-56
 230 PRINT AT 7,14;"E";AT 16,12;"W";AT 10,3;"N";AT 10,15;"O";AT 10,24;"S"
```

```
 240 PRINT AT 4,5;"Np";AT 19,21;
"Sp"
 250 REM ************************
 260 REM linea E/W roja+letras
 270 REM ************************
 280 INK 2: PLOT 160,b: DRAW -5,
28: DRAW 10,-56
 290 PRINT AT 7,18;"E";AT 16,20;
"W";AT 10,9;"N";AT 10,21;"O";AT
10,30;"S"
 300 PRINT AT 4,11;"Np";AT 19,27
;"Sp"
 310 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Esfera3DTV"
```

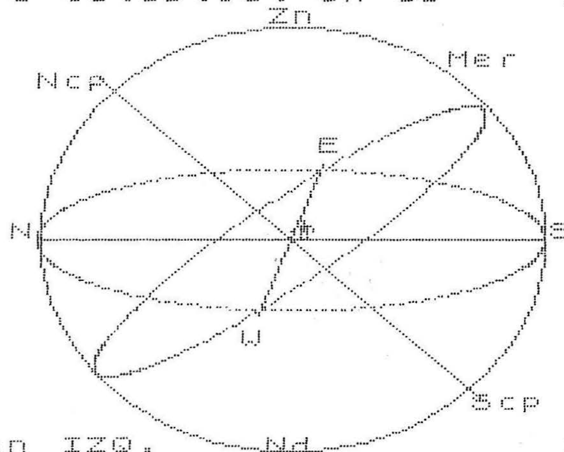
"Esfera celeste: efecto en tres dimensiones"

Este segundo programa utiliza una técnica completamente distinta, para producir otra imagen de la esfera celeste en tres dimensiones. Para realizarlo, no se necesita un televisor en color, sino una impresora ZX. Si no puedes disponer de ella, limítate a utilizar, para el experimento, la copia de la pantalla que se incluye en la figura 2.2.

El sistema implica la preparación de dos dibujos distintos, desde diferentes puntos de vista, de un objeto para dar sensación de profundidad. Cuando se pone un dibujo junto al otro y se miran ambos cruzando los ojos, las dos imágenes pueden fundirse en una, produciendo una sorprendente ilusión de tres dimensiones. Se ha estimado que esta maniobra la pueden hacer, sin forzar demasiado la vista, una tercera parte de las personas. Espero que pueda conseguirlo un porcentaje parecido de usuarios del Spectrum.

Como éste es el único sistema de presentar imágenes en tres dimensiones que no requiere ayuda, su inclusión en este libro parece justificada. El sistema tiene la ventaja sobre el de filtros de colores y pantalla de un televisor, ya estudiado, de que las imágenes a observar pueden ser de considerable complejidad, y se evita el problema de superponer imágenes en color.

Tanto el programa como las dos copias de la impresora ZX deberán trazarse con cuidado (utiliza como guía la figura 2.2). La anotación que aparece en la esquina inferior izquierda de cada copia indica la posición relativa de cada dibujo. Los centros de los dos círculos pueden guardar una separación de entre 70 y 100 cm, si bien la dimensión exacta no es crítica. En cambio, sí lo es que las líneas N/S que atraviesan horizontalmente cada uno de los dibujos sean semejantes. Comprueba este punto con una regla, antes de pegar firmemente la copia en una hoja resistente de papel blanco.



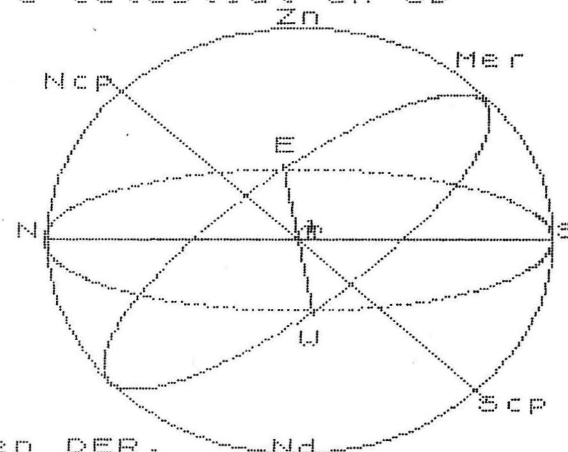


Figura 2.2. Esfera celeste en tres dimensiones. Mantén el libro a unos 30 ó 40 cm de los ojos e intenta cruzar la vista para que las dos imágenes se fundan en una sola, dando la sensación de tres dimensiones.

Contemplación de la imagen

Las copias así montadas para su visualización, se deben de colocar a una distancia normal de lectura (algo más lejos, si la iluminación es buena), sin que incidan sombras sobre ellas, y se deben de contemplar bien encuadradas, nunca giradas o inclinadas. Cruza tus ojos. Quizá te ayude a conseguirlo la colocación, durante un momento, de un dedo entre tus ojos y el papel, y las dos imágenes deberán fundirse en una sola. El sistema requiere que la mirada converja en un punto medio, pero que los ojos enfoquen los dibujos. El exceso de concentración dificulta el experimento, por lo que debes intentarlo a intervalos breves.

El programa

Este programa es una variante del de ''Esfera celeste en tres dimensiones'' y merece la pena que lo escribas, aunque no dispongas de una impresora ZX. Pero, incluso en la pantalla, los dibujos dan una imagen tan buena como si se hubiera dibujado en papel. Si intentas modificar el programa anterior para obtener esta versión, borra primero las líneas 20 y 30 y añade, como instrucción directa:

BORDER 7: PAPER 7: INK 9: CLS: LIST ENTER

Esto borrará el perturbador color magenta del fondo, que resultaba imprescindible para el programa anterior.

Se añade una nueva línea 20 que contiene los datos para dibujar una figurilla creada mediante la instrucción POKE en UDG CHR$ 154. Esta figurilla parpadea (FLASH) en el centro de la pantalla (en lugar de la letra O) y presenta a nuestro observador en mitad de la esfera celeste. En este programa se trazan (PLOT) dos elipses para representar el horizonte y el ecuador celeste. Esta última tiene dos versiones, de acuerdo con la entrada (INPUT) de la línea 275, es decir, a la derecha o a la izquierda, y guarda una inclinación de 45° respecto a la horizontal. Las variables t (inclinación) y zx (semieje mayor) controlan la configuración de la elipse, la variable z es fija para la inclinación. La línea 500 permite obtener una copia (COPY) o volver a ejecutar el programa para obtener una segunda copia por medio de la orden INKEY$. (línea 510).

Interpretación de la esfera celeste

La letra O (nuestra figurilla en el programa anterior) representa a un observador colocado en el centro de la esfera. El observador está situado en un plano horizontal y en la intersección de las líneas N/S y E/W. El punto que está sobre su cabeza se llama zenit (Zn) y el que está bajo sus pies, nadir (Nd). A través de ellos pasa un segundo plano, vertical, llamado meridiano (Mer).

```
   9 REM ************************
  10 REM Esfera celestial en 3D
  11 REM ************************
  20 DATA 24,8,62,93,157,20,20,5
4: FOR f=0 TO 7: READ a: POKE US
R CHR$ 154+f,a: NEXT f
  30 PRINT "Esfera celestial en
3D"
  35 PRINT AT 1,15;"Zn";AT 21,15
;"Nd";AT 11,5;"N";AT 11,26;"S";A
T 11,16; FLASH 1; OVER 1;CHR$ 15
4
  40 PRINT AT 4,6;"Ncp";AT 3,22;
"Mer";AT 19,23;"Scp"
  45 PRINT #0; FLASH 1;"Dibujand
o horizonte"
  50 REM ************************
  70 LET a1=128: LET b=80: LET c
=79
  80 CIRCLE a1,b,c
  90 PLOT a1-c,b: DRAW c*2,0
 100 PLOT a1,b: DRAW -60,60: DRA
W 120,-120
 110 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
 120 LET x=SIN f*c: LET y=COS f*
c/3: PLOT a1+x,b+y
 125 NEXT f
 259 REM ************************
 260 REM imagen izqu. o der.
 261 REM ************************
 275 INPUT "Imagen IZQ. o DER.?(
i/d)";c$
 276 PRINT AT 21,0;"Imagen "+("D
ER." AND c$="d")+("IZQ." AND c$<
>"d")
 280 IF c$<>"d" THEN  PLOT a1,b:
 DRAW 10,28: DRAW -20,-56: PRINT
 AT 7,17;"E";AT 16,14;"W"
 285 IF c$="d" THEN  PLOT a1,b:
DRAW -5,28: DRAW 10,-56: PRINT A
T 7,15;"E";AT 16,16;"W"
 300 PRINT #0; FLASH 1;"Dib. est
```

```
rella en ecuad. celeste"
 400 LET t=18: LET z=50: LET zx=
61
 410 IF c$="d" THEN  LET t=30: L
ET zx=60
 420 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 421 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
 430 FOR n=0 TO PI*2 STEP .02
 440 LET aa=SIN n*zx
 450 LET bb=COS n*zx/t+aa/z
 460 PLOT INT (a1+aa),INT (b+bb)
 470 NEXT n: INPUT ""
 499 REM ************************
 500 PRINT #0;"c para COPIA, n n
ueva imagen": PAUSE 0
 510 IF INKEY$="c" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 500
 520 RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "esfera3D"
```

El observador puede definir cualquier punto de la esfera en términos de "azimut" (horizontal), situándolo desde el punto norte del horizonte, siendo E = 90°, S = 180°, W = 270°, y así para cualquier posición intermedia. La situación vertical se mide en altitud desde 0° (horizonte) a 90° (zenit). También se pueden emplear valores negativos, por ejemplo, la altitud del nadir es —90°. El zenit y el nadir son, efectivamente, los polos del eje de coordenadas del horizonte. Todos los puntos de referencia permanecen fijos, pues nuestro observador está, simplemente, en su país.

La esfera del observador, de coordenadas del horizonte, está compartida por una segunda esfera, llamada esfera estelar o celeste, inclinada generalmente respecto a la primera (siempre que nuestro observador no resida en el polo norte de la Tierra) y tiene un sistema de medidas de ángulos virtualmente idéntico, aunque se denominen con otros nombres. Nuestro observador reside en un punto a 45° de latitud N, por lo que el eje de la bóveda celeste (paralelo al eje de la Tierra) pasa a través de él, en el ángulo formado por la línea Np (Ncp en el programa de cruzar la vista) y Sp (o Scp). La Estrella Polar señala el polo norte en el cielo.

Inclinado 90°, respecto al eje polar, está el plano ecuatorial, que corta a la línea E/W a través del observador. En el programa "La esfera celeste" de tres dimensiones, esta línea se dibuja como si desde éste surgiera una estrella, alcanzara la máxima altitud cruzando el meridiano sur y luego se pusiese por el oeste. La estrella continúa su recorrido bajo el horizonte del observador y regresa al punto de partida 23 h y 56 min más tarde. (¡En el Spectrum, este camino se recorre en un minuto aproximadamente!) Este período se utiliza para calcular el tiempo sideral (estelar), que se adelanta en cuatro minutos al tiempo terrestre de 24 horas. Transcurridos 365 días (un año),

estos cuatro minutos de diferencia suman 24 horas, con lo que ambos tiempos vuelven a sincronizarse. Por esto, en cada estación aparece un cielo estrellado diferente.

La esfera estelar se divide horizontalmente mediante una línea paralela al ecuador celeste, llamada declinación (Dec). Se mide en grados, desde 0° (ecuador celeste) a 90° (polo celeste), que al sur del ecuador celeste tiene valores negativos. Las líneas que forman 90° con las líneas de declinación se llaman Ascensión Recta (AR) y son similares a la que señalan la longitud en la Tierra, si bien se miden en horas, en lugar de en grados. Cada hora de AR es igual a 15°, de manera que 24 horas son 360°, un círculo completo de la esfera celeste. Las líneas de AR se miden de derecha a izquierda, a través del cielo.

La AR de una estrella cuando cruza el meridiano, señala también el tiempo sideral en ese momento. Merece la pena recordarlo. Esto se necesita para calcular el tiempo sideral mediante el día y la hora (utilizando el programa del tiempo sideral) para averiguar qué estrellas están al sur (utiliza para ello, como guía, un atlas estelar). Como las estrellas (y el Sol, la Luna y los planetas) se encuentran a su altura máxima cuando están sobre el meridiano, es entonces cuando se pueden ver mejor, particularmente a través de un telescopio.

Posición de una estrella

Muchas veces es interesante saber dónde se pueden encontrar en el cielo una estrella o planeta particulares, y este programa lo realiza. Debido a su brevedad, supone que se conocen de antemano las coordenadas de la estrella, en términos de Ascensión Recta y Declinación. La información sobre una estrella se puede obtener de un atlas estelar *Norton* y, la de un planeta, del *Sky Telescope* o el *BAA Handbook* (véase el apéndice). Como alternativa, las posiciones de los planetas se predicen mediante el programa "Efemérides planetarias", del capítulo 6.

Conversión de coordenadas ecuatoriales en coordenadas de horizonte

Este programa convierte la posición en coordenadas ecuatoriales (AR y Dec) de una estrella, o un planeta, en coordenadas de horizonte, en valores de azimut y altitud sobre ese horizonte. La figura 2.2 presenta las esferas interrelacionadas implicadas. Otros factores relevantes son la fecha y la hora en que se realiza la observación, y la latitud a que se encuentra el observador. Esta información es la entrada (INPUT) inicial, al comienzo del programa.

La sección siguiente del programa, líneas 80 a 120, halla el tiempo sideral anterior a la entrada del nombre de la estrella, etc. La entrada de la AR toma la forma de, por ejemplo:

12,56 (12 h 56 min)

en la que hay que incluir el punto decimal. Esto se convierte en horas y fracciones decimales de horas, mediante la variable rh, en la línea 300. La verdadera conversión a coordenadas de horizonte se realiza mediante las variables az (azimut) y al (altitud), en las líneas 410 y 390.

```
   9 REM ************************
  10 REM ALt. y Az. de una est.
  11 REM ************************
  30 RESTORE : DATA 0,16,16,124,
16,16,0,124: FOR f=0 TO 7: READ
d: POKE USR CHR$ 144+f,d: NEXT f
  60 INPUT "Fecha aaaa,mm,dd";TA
B 6;Y;TAB 11;MM;TAB 14;D: IF MM>
12 OR D<0 OR D>31 THEN  GO TO 60
  65 INPUT "hora local:hora(0-23
)";TH,TAB 11;"min (0-59)";MI: LE
T TT=TH+MI/60
  69 REM ************************
  70 REM hora sideral/dia jul.
  71 REM ************************
  80 LET YY=Y: LET M=MM
  90 IF M>2 THEN  LET M=M+1: GO
TO 110
 100 LET Y=Y-1: LET M=M+13
 110 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
 120 LET G=6.63627+6.570982E-2*(
J-2443144): LET TS=G-INT (G/24)*
24
 129 REM ************************
 130 INPUT "nombre de la estrell
a/planeta",A$
 140 INPUT "Asc(hh.mm)";TAB 10;R
A
 150 INPUT "Dec(";CHR$ 144;"dd.d
)";TAB 4; LINE D$
 160 LET DC=VAL D$: IF ABS DC>=9
0 THEN  LET DC=DC-.1
 180 INPUT "Tu Lat(";CHR$ 144;"1
1.1)";TAB 7; LINE L$
 181 REM ************************
 190 LET L=VAL L$: IF ABS L>=90
```

```
THEN  LET L=L-.1
 280 PRINT  PAPER 5;A$;" Asc=";R
A;" Dec=";D$
 290 PRINT D;"/";MM;"/";YY;":";T
H;"h ";MI;"m lat=";L$;CHR$ 130
 300 LET c=360: LET r=180/PI: LE
T LR=1/r: LET f=100/60: LET DR=d
c/r: LET RH=INT RA+(RA-INT ra)/f
 310 LET T=TT
 330 LET S=T+TS+T/1436*4
 340 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 350 IF S< 0 THEN  LET S=S+24
 360 LET ST=INT (S*100)/100
 369 REM ************************
 370 REM  calc. azimut,altitud
 371 REM ************************
 380 LET HR=((S-RH)*15)/R
 390  LET AL=R*ASN (SIN DR*SIN L
R+COS DR*COS LR*COS HR)
 400 LET AR=AL/R: LET V=SIN HR
 410 LET AZ=R*ACS ((SIN DR-SIN L
R*SIN AR)/(COS LR*COS AR))
 420 IF V>0 THEN  LET AZ=C-AZ
 440 PRINT "Hora sideral(HLS)";:
 LET H=ST: GO SUB 530: PRINT  PA
PER 6;"azimut=";INT (.5+AZ);CHR$
 130,"altitud=";INT (.5+AL);CHR$
 130
 445 IF AL<0 THEN  PRINT  FLASH
1;"estrella bajo horizonte"
 469 REM ************************
 470 REM        seleccion
 471 REM ************************
 480 PRINT #1;"C=copia F=otra fe
cha E=otra"'"estrella L=otra lat
itud"
 485 PRINT "------------------------"
 490 PAUSE 0: LET b$=INKEY$
 500 GO TO (b$="l")*180+(b$="c")
*510+(b$="e")*130+(b$="f")*60
 510 COPY : GO TO 490
 519 REM ************************
 520 REM   horas decimales=hr mn
```

```
521 REM ************************
530 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
H)*60+.5);"m ": RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Localiza." LINE 1
```

Utilización de los resultados

Los resultados del programa se imprimen en la sección final (línea 440), con el nombre de la estrella y las coordenadas de posición en AR y Dec resaltadas mediante la orden PAPER 5. Si la estrella está debajo del horizonte del observador, el contenido de la línea 445 hace que esta información parpadee en la pantalla.

El programa proporciona entonces una opción para introducir una nueva fecha, o una nueva estrella para la fecha existente. Si se toma la última opción, se efectúa la orden GOTO 130 y los datos de la nueva estrella tienen que volver a introducirse. Usualmente, pedirás información de varias estrellas, y quizá planetas, en una fecha y hora determinadas, y esta opción acelera el proceso. Véase la figura 2.3.

```
Jupiter Asc=16.15 Dec=-21.8
29/9/1983: 18h 14m Lat=63.2°
Hora sideral(HLS)18h46m
azimut=217°          altitud=-1°
estrella bajo horizonte
-------------------------------

Jupiter Asc=16.15 Dec=-21.8
29/9/1983: 18h 14m Lat=32.7°
Hora sideral(HLS)18h46m
azimut=221°          altitud=23°
-------------------------------
```

Figura 2.3. Altitud y azimut de Júpiter en el mismo día, pero en distintas latitudes. En la latitud 63,2 N se acaba de poner (altitud —1°), pero en la latitud 32,7 N aún está 23° por encima del horizonte.

Ahora tenemos a mano el azimut y la altitud de una serie de estrellas, que se anotarán y copiarán a partir de la pantalla —¿cómo se localizan en el cielo?—. En este momento es esencial que efectuemos un trabajo práctico desde un punto conveniente, quizá un jardín o una terraza, con un horizonte completamente libre de obstrucciones (véase la figura 2.4).

Si eliges para el programa algunas estrellas brillantes, deberías ser capaz de identificarlas en el cielo, con la ayuda de un atlas estelar, o una copia del programa "Mapas estelares".

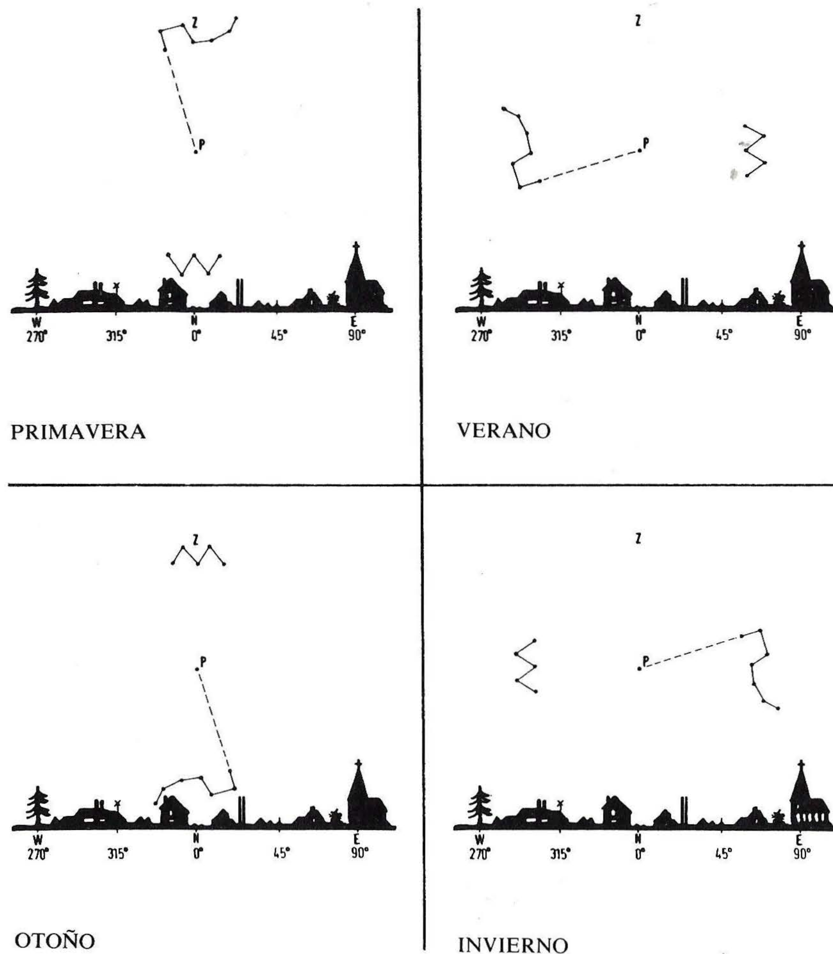


Figura 2.4. Horizonte local a medianoche. En la figura podemos ver las posiciones de la Osa Mayor y Cassiopea (la "W") en cada estación del año. La Estrella Polar se mantiene aproximadamente en la misma posición. La z señala el zenit. La línea de puntos trazada desde las dos estrellas del extremo de la Osa Mayor sirven para ayudar a identificar la Polar.

El escurridizo planeta Mercurio

El planeta Mercurio nos pone de manifiesto por qué es esencial que nos familiaricemos con los horizontes locales. Invariablemente, el planeta sólo es visible en un cielo brillante, a horas del atardecer o del amanecer, en momentos en que las estrellas no pueden guiar nuestro intento de localizarlo. Por ello no tiene sentido representar su posición en un atlas estelar.

En el hemisferio norte, la estación del año más favorable para encontrar el planeta es la primavera, de noche al Occidente; y en otoño, por la mañana, antes de que salga el Sol, al Oriente. En el hemisferio sur, las estaciones favorables para contemplarlo son, inversamente, el otoño para la aparición nocturna y la primavera para la matutina. Mercurio no está nunca a más de 20° del sur.

La AR y la Dec de Mercurio se pueden encontrar en el *BAA Handbook,* en el que la "elongación", o distancia al Sol en grados, proporciona una guía útil para calibrar la probabilidad de que una búsqueda sea fructífera. Alternativamente se puede utilizar el programa "Efemérides planetarias" (capítulo 6) para predecir la AR y la Dec de Mercurio, y el programa "Expedición al Sistema Solar" (también en el capítulo 6) para obtener la elongación conveniente. Aquí es aconsejable introducir varias fechas, digamos a intervalos de tres días, antes de que se transfieran a nuestro programa "Posición de una estrella".

Nota. Es conocido el hecho de que el famoso astrónomo Copérnico (1473-1543) no pudo contemplar nunca a Mercurio, a pesar de que lo intentase varias veces. Quizá se lo impidiera la niebla que asciende del río Vístula, en Thorn (Polonia), donde vivía. Este programa te dará más suerte.

"Buscaestrellas"

Este programa amplía el de "Posición de una estrella anterior" y dibuja una estrella o planeta, en una representación del cielo en un período de 34 horas, utilizando la

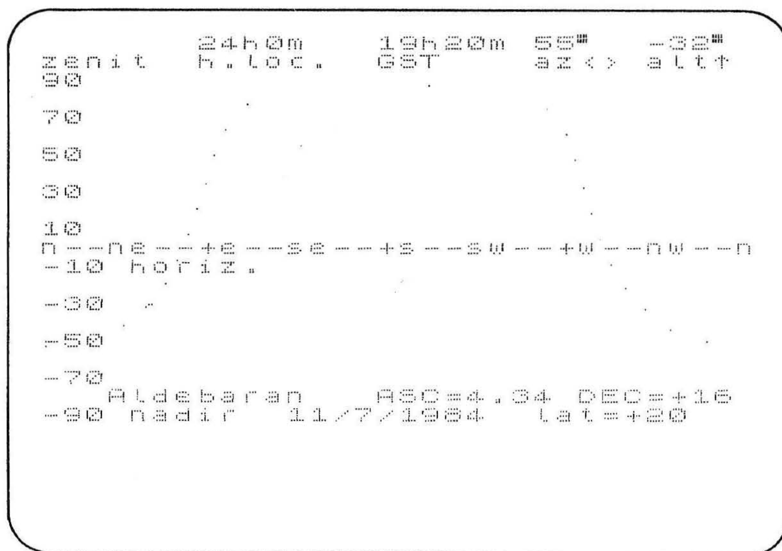


Figura 2.5. Ejemplo de la representación en pantalla del programa "Buscaestrellas".

pantalla completa del Spectrum. Incluye datos de 20 estrellas brillantes seleccionadas, distribuidas uniformemente por la esfera estelar, lo que facilita considerablemente la tarea de obtener tal información. (El programa contiene la opción de omitir estos datos, quizá para incluir una fecha posterior. Esto reduce el listado en una tercera parte. Realízalo, omitiendo la línea 125 y todas las líneas, desde la 1.000 en adelante.)

Entrada de la información

Las 20 estrellas listadas se pueden seleccionar mediante su número simplemente, tal como se pone de manifiesto en la figura 2.6. No es necesario que conozcamos las coordenadas de la estrella (AR y Dec) sobre la esfera celeste, puesto que éstas se almacenan en el programa como datos y se pueden utilizar automáticamente.

No.	Nombre	Cons.	Asc	Dec
1	Rigel	Ori	05.13	-08
2	Regulus	Leo	10.07	+12
3	Spica	Vir	13.24	-11
4	Aldebaran	Tau	04.34	+16
5	Betelgeuse	Ori	05.54	+7
6	Mizar	UMj	13.23	+55
7	Polaris	UMi	02.07	+89
8	Polux	Gem	07.44	+28
9	Castor	Gem	07.33	+32
10	Pleiades	Tau	03.46	+24
11	Cor Caroli	CVn	12.55	+38
12	Altair	Aql	19.49	+09
13	Vega	Lyr	18.36	+39
14	Deneb	Cyg	20.41	+45
15	Procion	CMi	07.38	+05
16	Sirius	CMj	06.44	-17
17	Capela	Aur	05.15	+46
18	Arturus	Boo	14.15	+19
19	Antares	Sco	16.28	-26
20	Mira	Cet	02.18	-03
21	???? (tu estrella)		??.??	???

Figura 2.6. En el programa las estrellas se seleccionan por su universo. La opción 21 permite introducir una estrella nueva.

Si la estrella que te interesa no está en la lista, introduce, mediante la instrucción INPUT, su nombre, su AR y Dec cuando te lo pida el programa. Estos datos están disponibles en cualquier mapa estelar. Si deseas introducir un planeta, utiliza de nuevo la instrucción INPUT, pero consulta un almanaque astronómico o utiliza el programa de "Efemérides planetarias", del capítulo 6, para obtener su localización en la fecha seleccionada.

Se puede introducir cualquier fecha, aunque cuando se trata de estrellas, no necesitas ocuparte del año, pues se considera que están fijas en el firmamento y repiten,

por tanto, la misma imagen en los mismos días de cada año. Así, se repiten el comienzo y fin de la rutina de trazado (PLOT) en el mismo día de cada año.

```
   9 REM ************************
  10 REM     Buscaestrellas
  11 REM ************************
  30 RESTORE : DATA 0,16,16,124,
16,16,0,124: FOR f=0 TO 7: READ
d: POKE USR CHR$ 144+f,d: NEXT f
  40 POKE 23609,100: DIM z$(32*1
0)
  50 PRINT "Teclear"
  60 INPUT "Fecha aaaa,mm,dd";TA
B 6;Y;TAB 11;MM;TAB 14;D: IF MM>
12 OR D<0 OR D>31 THEN  GO TO 60
  69 REM ************************
  70 REM Dia Jul./Tiempo sideral
  71 REM ************************
  80 CLS : LET YY=Y: LET M=MM
  90 IF M>2 THEN  LET M=M+1: GO
TO 110
 100 LET Y=Y-1: LET M=M+13
 110 LET J=INT (365.25*Y)+INT (3
0.6001*M)+D+1720982
 120 LET G=6.63627+6.570982E-2*(
J-2443144): LET TS=G-INT (G/24)*
24
 125 GO TO 1000: REM *estrellas*
 130 INPUT "nombre de la estrell
a/planeta",A$: IF LEN A$>10 THEN
  PRINT #0; FLASH 1;"Muy grande!
": PAUSE 100: GO TO 130
 140 INPUT "Ascension(hh.mm)";TA
B 10;RA
 150 INPUT "Declinacion(";CHR$ 1
44;"dd.d)";TAB 12; LINE D$
 155 IF D$(1)<>"+" AND D$(1)<>"-
" THEN  GO TO 150
 160 LET DC=VAL D$
 170 IF ABS DC>89.9 THEN  GO TO
150
 180 INPUT "Tu latitud(";CHR$ 14
4;"11.1)";TAB 14; LINE L$
```

```
 185 IF L$(1)<>"+" AND L$(1)<>"-
" THEN  GO TO 180
 190 LET L=VAL L$
 200 IF ABS L>89.9 THEN  GO TO 1
80
 209 REM ************************
 210 REM  Proyeccion del cielo
 211 REM ************************
 220 BORDER 0: PAPER 1: INK 9: C
LS
 230 PRINT AT 1,0;"zenit  h.loc.
  GST    az<> alt^ 90"
 240 PRINT  PAPER 4;AT 11,0;z$:
FOR n=1 TO 20 STEP 2: PAPER 4 AN
D n>10
 250 PRINT AT n+1,0;100-n*10
 260 NEXT n
 270 PRINT AT 11,0;"n--ne--+e--s
e--+s--sw--+w--nw--n-10 horiz."
 280 PRINT  PAPER 5;AT 19,3;A$;"
 ASC=";RA;" DEC=";D$
 290 PRINT "-90 nadir  ";D;"/";M
M;"/";YY;"  lat=";L$: PAPER 1
 300 LET c=360: LET r=180/PI: LE
T LR=l/r: LET f=100/60: LET DR=d
c/r: LET RH=INT RA+(RA-INT ra)/f
 309 REM ************************
 310 REM Bucle temporiz. T=hrs
 311 REM ************************
 320 FOR T=0 TO 24 STEP 1: BEEP
.01,40
 330 LET S=T+TS+T/1436*4
 340 IF S>24 THEN  LET S=S-24
 350 IF S< 0 THEN  LET S=S+24
 360 LET ST=INT (S*100)/100
 369 REM ************************
 370 REM calc. azimut y altitud
 371 REM ************************
 380 LET HR=((S-RH)*15)/R
 390  LET AL=R*ASN (SIN DR*SIN L
R+COS DR*COS LR*COS HR)
 400 LET AR=AL/R: LET V=SIN HR
 410 LET AZ=R*ACS ((SIN DR-SIN L
```

```
R*SIN AR)/(COS LR*COS AR))
 420 IF V>0 THEN  LET AZ=C-AZ
 429 REM ************************
 430 REM  Dibuja estrellas
 431 REM ************************
 440 PRINT AT 0,7;: LET H=T: GO
SUB 530: PRINT AT 0,15;: LET H=S
T: GO SUB 530
 445 PRINT AT 0,22;INT AZ;CHR$ 1
30;TAB 27;INT AL;CHR$ 130;" "
 450 LET  Z=AZ/5.7*4: LET A=AL/5
*4: PLOT Z,A+84: NEXT T
 460 DRAW  FLASH 1;1,0
 469 REM ************************
 470 REM   Selecciona opcion
 471 REM ************************
 480 PRINT #1;"Tecla C=copia D=n
ueva fecha      E=nueva estrella
L=nueva latitud"
 490 FOR n=.1 TO 5 STEP .1: BEEP
 n/100,n*10: NEXT n: PAUSE 0
 500 POKE 23693,56: GO TO (INKEY
$="l")*180+(INKEY$="c")*510+(INK
EY$="e")*1000+(INKEY$="d")*60
 510 COPY : GO TO 490
 519 REM ************************
 520 REM   Horas decimales=hr mn
 521 REM ************************
 530 PRINT INT H;"h";INT ((H-INT
 H)*60+.5);"m ": RETURN

 999 REM ************************
1000 REM   Lista de estrellas
1001 REM ************************
1010 CLS : RESTORE 2000: GO TO 2
100
1014 REM ************************
1015 REM *Lee no. de estrella
1016 REM ************************
1020 INPUT "selecciona estrella
por no. ";t: IF t<1 OR t>21 THEN
  GO TO 1020
1030 IF t=21 THEN  GO TO 130
```

```
1040 LET a$=k$(t): LET RA=VAL r$
(t): LET d$=t$(t): LET DC=VAL d$
(2 TO ): IF d$(1)="-" THEN  LET
DC=-DC
1050 GO TO 180
1999 REM ***********************
2000 REM   Nombres de estrellas
2001 REM ***********************
2010 DATA "Rigel","Regulus","Spi
ca","Aldebaran","Betelgeuse","Mi
zar","Polaris","Polux","Castor"
2020 DATA "Pleiades","Cor Caroli
","Altair","Vega","Deneb","Proci
on","Sirius","Capela","Arturus",
"Antares","Mira"
2024 REM ***********************
2025 REM    Constelaciones
2026 REM ***********************
2030 DATA "Ori","Leo","Vir","Tau
","Ori","UMj","UMi","Gem","Gem"
2040 DATA "Tau","CVn","Aql","Lyr
","Cyg","CMi","CMj","Aur","Boo",
"Sco","Cet"
2044 REM ***********************
2045 REM Asc y Dec de estrellas
2046 REM ***********************
2050 DATA "05.13","-08","10.07",
"+12","13.24","-11","04.34","+16
","05.54","+7","13.23","+55"
2060 DATA "02.07","+89","07.44",
"+28","07.33","+32","03.46","+24
","12.55","+38","19.49","+09"
2070 DATA "18.36","+39","20.41",
"+45","07.38","+05","06.44","-17
","05.15","+46","14.15","+19","1
6.28","-26","02.18","-03"
2089 REM ***********************
2090 REM  lista  estrellas
2091 REM ***********************
2100 DIM k$(20,11): DIM e$(20,4)
: DIM r$(20,6): DIM t$(20,3)
2105 PRINT  PAPER 5;"No. Nombre
     Cons. Asc   Dec "
```

```
2110 FOR f=1 TO 20: READ k$(f):
PRINT (" " AND f<10);f;" ";k$(f)
: NEXT f
2120 FOR f=1 TO 20: READ e$(f):
PRINT AT f,16;e$(f): NEXT f
2130 FOR f=1 TO 20: READ r$(f),t
$(f): PRINT AT f,22;r$(f);t$(f):
 NEXT f
2140 PRINT  PAPER 6;"21 ???? (tu
 estrella) ??.?? ??? "
2150 GO TO 1020
9900 REM ************************
9990 SAVE "Buscaest." LINE 1
```

Presentación de la pantalla

Como quiera que para representar el cielo se utiliza una proyección Mercator, es inevitable que se produzca alguna distorsión al convertir una superficie esférica a la pantalla plana del televisor (recuerda qué grandes aparecen Groenlandia y la Antártida en los mapas escolares dibujados según esta proyección).

El zenit en + 90° (el punto que está exactamente encima del observador) y el nadir a —90° (el punto que está bajo sus pies) se convierten en líneas imaginarias en las partes superior e inferior de la pantalla. Los 360° del círculo que representa el horizonte a los 0° de altitud, se marcan según N, S, E, W y N de nuevo en la mitad de la pantalla, separando el cielo de la tierra.

La estrella o planeta se dibuja a intervalos horarios utilizando la instrucción INK 9 (como contraste del color del papel), con lo que es visible incluso cuando está debajo del horizonte del observador. El intervalo puede modificar con cualquier valor, cambiando el incremento (STEP) en la línea 30.

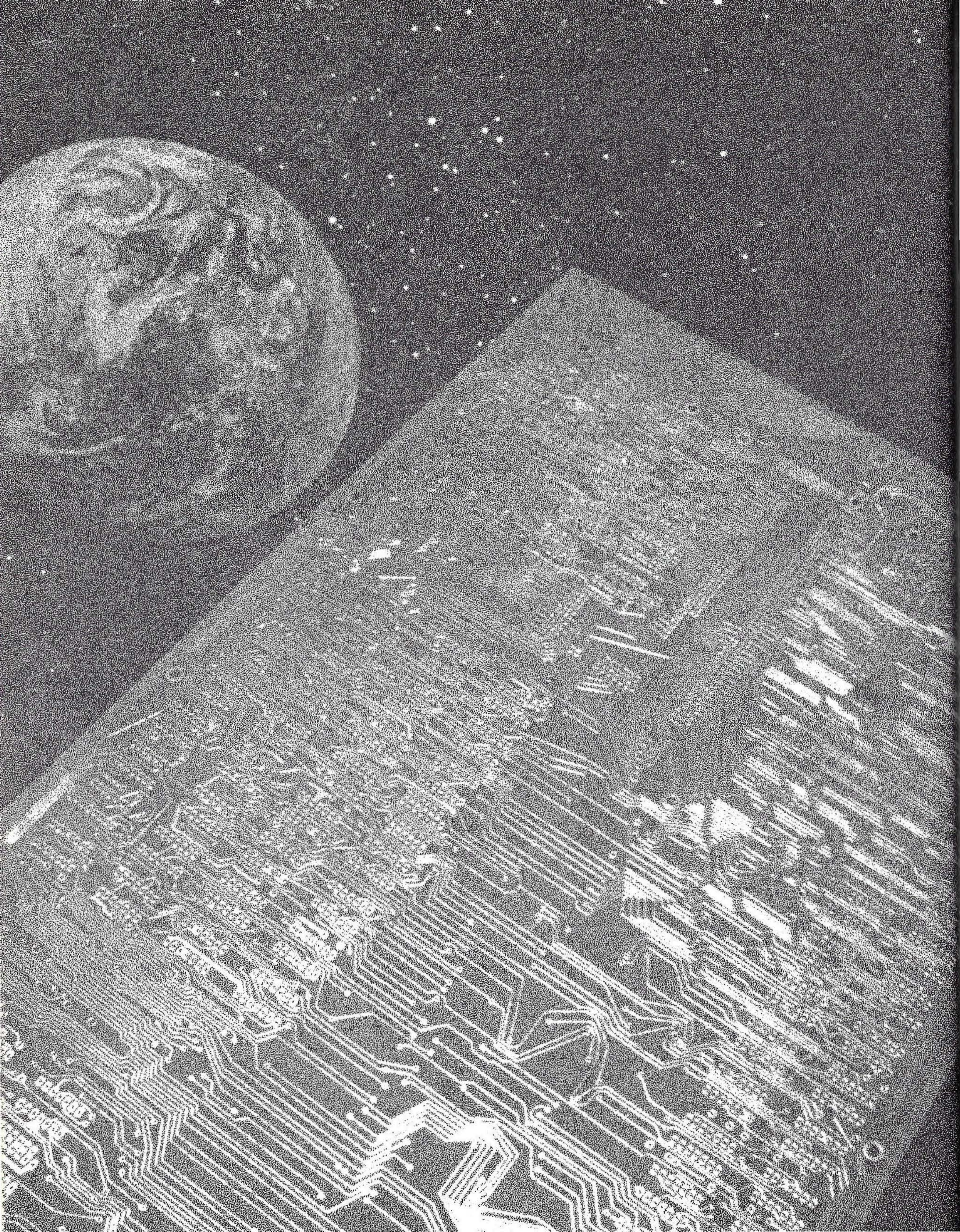
Otros horizontes

El movimiento de las estrellas, tal como se dibuja con precisión en este programa, puede sorprenderte, a menos que hayas residido en el hemisferio opuesto y estés familiarizado con el firmamento. Por ejemplo, una estrella como Vega se moverá de este a oeste en la dirección de las agujas del reloj en el hemisferio norte, y en la dirección opuesta en el hemisferio sur. Desde el ecuador, la estrella puede ascender verticalmente hasta el zenit desde la parte oriental del horizonte y parecer que "salta" (recuerda que es una línea, y no un punto) sobre la pantalla y cae en el oeste.

En el polo norte, todas las estrellas cruzan de izquierda a derecha, paralelamente al horizonte, sin salir ni ponerse. Lo mismo puede decirse respecto al polo sur, pero

el movimiento es inverso, de derecha a izquierda. Las estrellas que "se niegan" a salir en el polo norte están permanentemente sobre el horizonte en el polo sur, y viceversa.

Todos estos efectos se pueden demostrar mediante este programa. Una estrella que no se pone nunca en una latitud dada se llama circumpolar, y este es el caso del Sol en algunas latitudes extremas (tierras del sol de medianoche) durante el verano del hemisferio.



Capítulo 3

La Luna

El Sol, fuente de vida, no es muy de fiar, en opinión de la gente, debido a su influencia sobre el tiempo meteorológico. El Sol domina la situación por completo, de manera que el hombre no tiene absolutamente ninguna posibilidad de controlar los avatares que origina.

En cambio, la Luna está libre de tales problemas de relaciones públicas. Es, probablemente, el primero de los cuerpos celestes que provocan la admiración de una mente joven —¿qué es?, ¿dónde está?—. Para muchos, la Luna es la personificación de todo lo que de misterioso y extraño hay más allá de los confortables confines de nuestro mundo, y todavía es el trampolín para la exploración del maravilloso universo. Incluso, aunque nunca podamos visitar personalmente tales lugares, podemos aprender a comprenderlos, y quizá podamos contemplarlos auxiliados por unos modestos prismáticos o un pequeño telescopio. La Luna es un perfecto punto de partida.

"Las fases de la Luna"

La Luna es nuestro vecino espacial más cercano y el único mundo, si exceptuamos a la Tierra, sobre el que el hombre ha puesto el pie —a fines de la década de los sesenta, con las misiones Apolo—. El programa que presentamos a continuación es uno de los más cortos entre los incluidos en esta obra, pero los gráficos del Spectrum compensan con creces esta brevedad. En él se presenta un ciclo mensual completo, con todas las fases de la Luna, desde la luna nueva a la luna llena, para volver, a través de un cuarto menguante, a la luna nueva. Los ejemplos que se dan en la figura 3.1 son típicos.

Apariencia de la Luna

¡Muchos artistas famosos han incluido en sus obras una representación de la Luna en cuarto creciente y resulta que, invariablemente, han dado una apariencia completamente errónea de ella! Las fases de la Luna se miden de una luna nueva a otra, aunque, en realidad, en este período de luna nueva el satélite es invisible, debido a su proximidad aparente al Sol. La luna nueva sólo resulta visible cuando pasa directa-

mente frente al Sol, durante un eclipse de sol, puesto que, entonces, su silueta se recorta contra éste.

La verdadera luna nueva es la que puede verse unos días más tarde, al comenzar el cuarto creciente, al oeste, en un cielo brillante y con forma de C invertida. La Luna "aumenta" de tamaño en los días siguientes, haciéndose mayor a medida que queda iluminada una parte más extensa de su superficie, cuando camina hacia la izquierda, desde la parte occidental del horizonte.

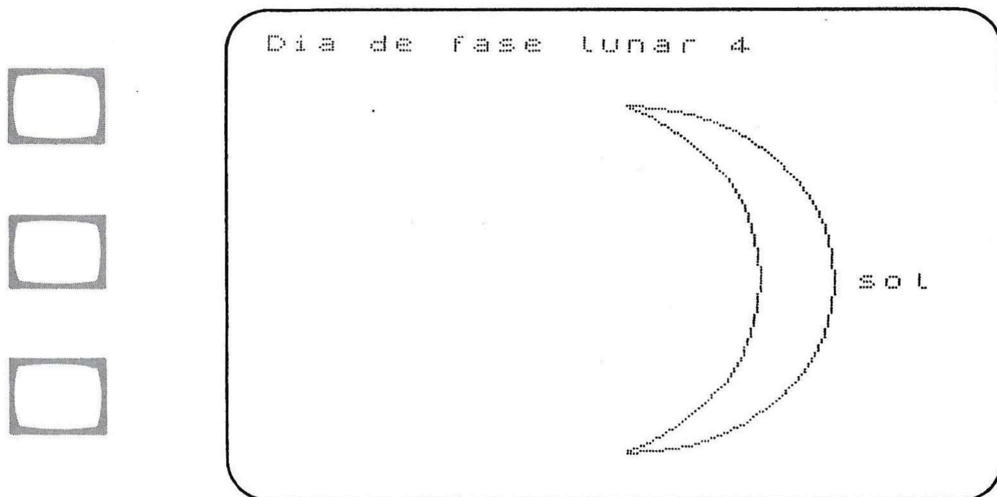


Figura 3.1a. La Luna a los cuatro días de iniciar un ciclo.

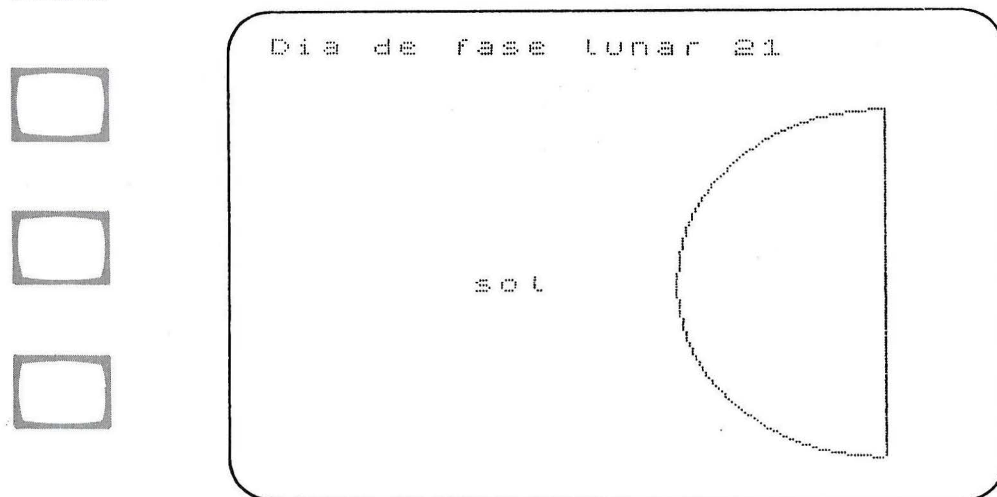


Figura 3.1b. La Luna, en cuarto menguante, a los 21 días.

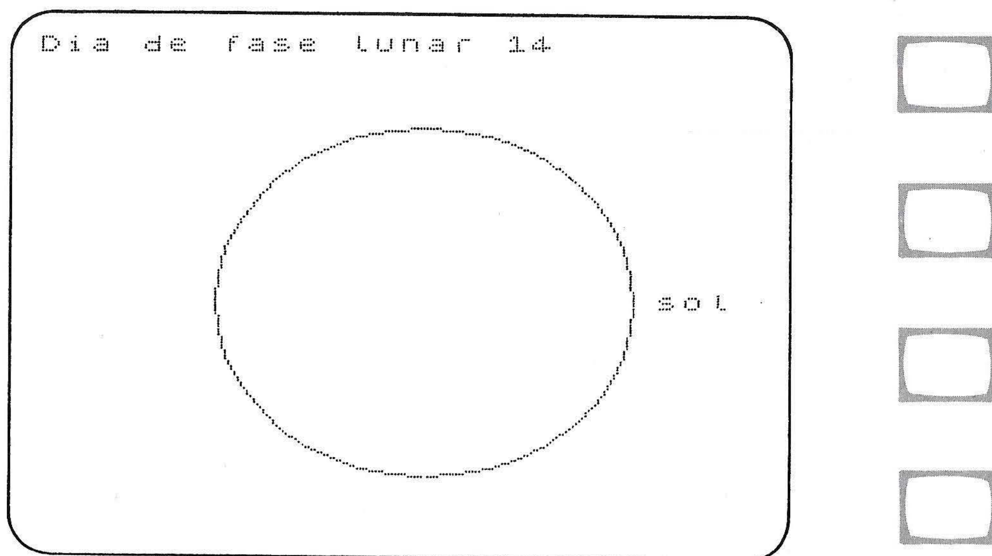


Figura 3.1c. Luna llena.

Unos catorce días más tarde. La Luna aparece como un disco brillante, debido al sol de medianoche —luna llena—. En ese momento ocupa una posición completamente opuesta al Sol (oculto bajo la línea septentrional del horizonte). Al continuar moviéndose hacia la izquierda sobre el fondo de estrellas, su fase disminuye hasta que, catorce días más tarde, se pierde en el rutilante cielo del amanecer, esta vez como una C auténtica, sin invertir, y desaparece hasta que se produzca un hermoso y nuevo creciente. Los astrónomos consideran conveniente la contemplación de la fase creciente como si fuera un arco, de manera que una flecha lanzada desde él perforaría al Sol. ¡Vayan tomando nota los artistas!

```
   9 REM ************************
  10 REM      Fases lunares
  11 REM ************************
  30 LET X=2.5: LET R=PI/180
  40 FOR D=0 TO 28: LET P=PI
  50 CLS : IF D>14 THEN  LET P=-
P
  60 PRINT "Dia de fase lunar ";
D
  70 PRINT AT 12,25-(25 AND D>14
);"sol"
  80 PLOT 128,10: DRAW 0,130,P
  90 LET B=D-7
```

```
 100 IF B>7 THEN LET B=B-14
 110 DRAW 0,-130,X*ATN (R*B*25)
 120 PAUSE 50: NEXT D: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "Faselunar"
```

El programa

El programa utiliza un simple bucle FOR/NEXT D para dibujar (DRAW) los dos arcos representativos de cada fase. La línea 80 traza (PLOT) primero un punto de referencia, en el que debe comenzar el dibujo, y luego dibuja el "brazo" brillante o borde que está más cercano a la dirección del Sol. La línea 70 utiliza una instrucción condicional PRINT para identificar este brazo como "lado del Sol". Luego, mediante la línea 110, se dibuja el terminator, o línea de salida y puesta del Sol en la superficie de la Luna.

Como la Luna es un globo esférico casi perfecto, el brazo se dibuja con el valor PI (mediante la variable P en la línea 40), como un semicírculo. Las instrucciones de la línea 50 hacen que este valor se haga negativo a partir del decimocuarto día (luna llena), de manera que este arco inicial se presenta en la parte izquierda de la pantalla en lugar de la derecha, y con una curvatura inversa. La fórmula de la línea 110 hace que la línea terminator pase de ser semicircular (luna llena o luna nueva) a ser una línea recta (cuarto creciente o menguante). Las líneas 90 y 100 aseguran que el arco terminator tenga una curvatura positiva (a la derecha) o negativa (a la izquierda).

La Luna es, efectivamente, un globo, aunque la línea terminator avanza cerca de 13° diarios (28 días × 12,86 = 360°), cuando se la contempla desde la Tierra. El escorzo con que se la contempla hace que el movimiento de esta línea no sea constante. Da la impresión de que avanza más rápidamente en torno a las fases del primero o el último cuarto de luna, mientras está en el centro del disco. En torno a la luna nueva o la luna llena, el terminator se contempla con ángulos tan agudos, que el movimiento real se comprime mucho, hasta el punto de que se puede cometer un error de un día en la determinación del momento exacto en que se produce la luna llena.

El programa que presentamos simula el efecto únicamente mediante la fórmula de la línea 110. Trata, como experimento, de corregir la variable x en la línea 30 y el valor en la fórmula (la última parte de la expresión), o sea, 25.

El programa se ha escrito con el propósito de indicar las fases cambiantes de la Luna y no requiere que tratemos de forma muy precisa la línea terminator o el intervalo temporal del ciclo mensual. Estos dos aspectos no están relacionados y se explican más adelante.

En realidad, el perfil de la línea terminator es una elipse, pero utilizamos la orden DRAW de dibujo del Spectrum (en la que la tercera parte de la expresión nos proporciona la curvatura) para obtener resultados con rapidez. Los errores que se producen al comparar el arco con la elipse no son excesivos. El mayor margen de error se produce cerca de las regiones polares del dibujo, a partir de una latitud comprendida en-

tre los 60 y los 75°, y aun así, sólo durante unos cuantos días en torno a la primera o la última fase lunar. Hemos considerado que este condicionante es aceptable.

El bucle FOR/NEXT de la línea 40 cuenta por períodos de 28 días para representar el ciclo mensual de las fases. Este período es divisible por cuatro, de manera que se representan todos los períodos lunares. En realidad, el período sinódico de la Luna (tiempo medio que transcurre entre dos lunas nuevas) es de 29 días, 12 h y 44 min, es decir, alrededor de 29,53 días, lo que significa que el proceso que se ejecuta con el programa es casi un 5 por 100 más rápido que el ciclo real.

Fases de la Luna: en órbita

Este programa se basa en el anterior, sobre las fases de la Luna, ampliado para representar a la Tierra y a la Luna, girando cada una en torno a la otra, y para describir completamente cada fase. Esto último se consigue mediante la instrucción condicional PRINT, en la línea 290. La línea 310 calcula los posibles eclipses y la línea 320 la línea terminator de las lunas creciente y menguante. Se incluyen numerosas instrucciones REM para mostrar la estructura general del programa.

El sistema Tierra/Luna

La Luna es el cuerpo del Sistema Solar de mayor masa en relación a la del cuerpo en cuyo torno gira (la Tierra).

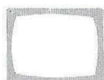
La masa de un satélite suele ser entre 1/1.000.000 y 1/400 de la del planeta primario. La masa de la Luna es 1/80 de la de la Tierra, de manera que la Luna y la Tierra se comportan como un sistema planetario gemelo y giran cada uno en torno al otro, alrededor de un centro de gravedad común. Este último punto no está en el centro del planeta (como ocurre en todos los demás planetas), sino casi a medio camino del cen- [illegible] millas bajo la superficie, en una línea que une los centros de ambos cuerpos.

El programa imita este efecto, pero, para mayor claridad, tanto el diámetro de la Tierra como el de la Luna se han ampliado 100 veces. De otra manera, para representarlos a su escala auténtica en la pantalla habría que haberlos reducido unos cuantos puntos y hubieran quedado virtualmente invisibles. Un punto que parpadea bajo la superficie de la Tierra, que se produce mediante la línea 250 con la orden OVER 1, señala el centro de gravedad del sistema Tierra/Luna.

Sombras y eclipses

Las sombras de la Tierra y de la Luna tienen formas de conos que se van estrechando en dirección opuesta al Sol. Durante la fase de luna nueva, la sombra de la Luna puede caer justamente sobre la superficie de la Tierra. Un observador colocado

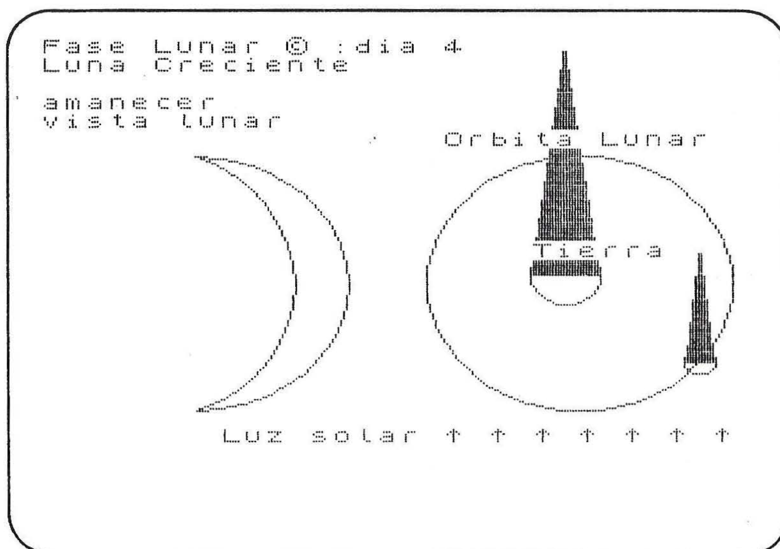
inmediatamente bajo este cono "vería" al Sol completamente oculto en un eclipse total, de modo que el día se convertiría en noche y aparecerían las estrellas en el cielo. Este acontecimiento es raro y dura muy poco —apenas unos minutos— antes de que la rotación de la Tierra sobre su eje y el progreso de la Luna, a través de su órbita hagan "desaparecer" la sombra a unos 2.200 km/h. Solamente el Concorde es capaz (y lo ha hecho) de continuar dentro de la zona del eclipse, prolongando el acontecimiento 40 min, mientras atraviesa todo un continente.

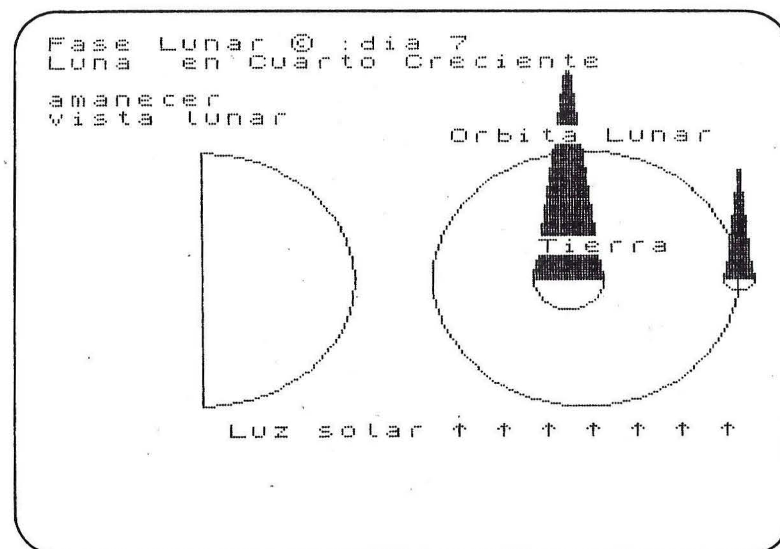










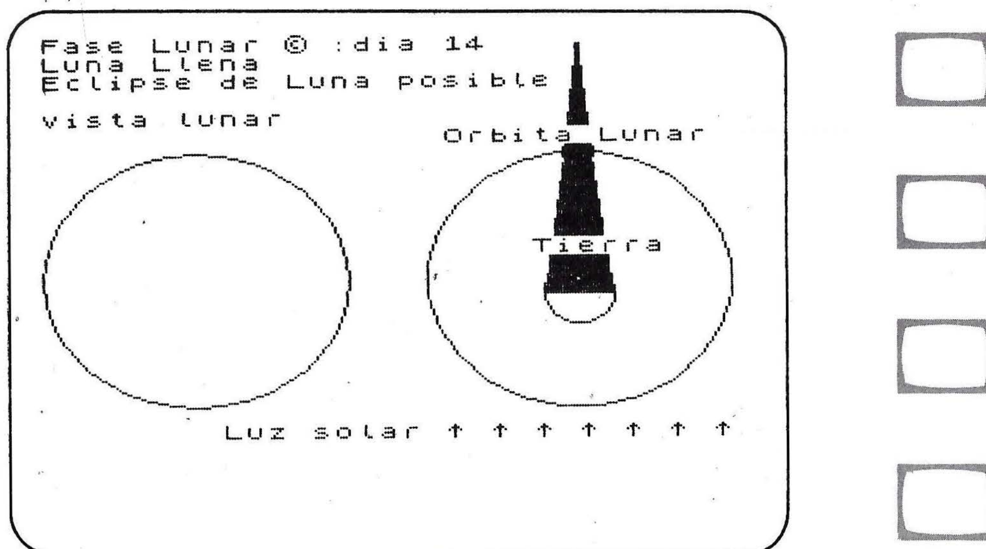


Figura 3.2. Fases de la Luna y su justificación en el sistema orbital Tierra/Luna.

Los eclipses de Luna se producen cuando se proyecta sobre el satélite la sombra de la Tierra, lo cual puede ocurrir durante la fase de luna llena y, como la sombra de la Tierra es enorme, incluso a una distancia de 348.000 km (distancia de la Tierra a la Luna), la Luna puede quedar completamente oculta. Suponiendo que el cielo está despejado, la mitad de la población mundial (la que vive en el hemisferio que queda en la zona oscura) puede contemplar este acontecimiento, en contraste con los pocos miles de personas a las que es dado contemplar un eclipse total de Sol.

Los eclipses no se producen cada vez que hay luna llena o luna nueva, porque la Luna y su órbita están más vinculadas al Sol que a la Tierra. Sólo cuando la Luna cruza la eclíptica (la línea entre la Tierra y el Sol) en un punto llamado nodo, puede producirse un eclipse.

El programa

Una vez que se ha introducido el programa y se ha hecho que el ordenador lo procese, aparece en la pantalla un ciclo mensual. El usuario tiene entonces la opción de introducir un día o una parte decimal de un día para representarlo. La instrucción condicional GOTO de la línea 470 hace que el programa retorne automáticamente al punto de partida (es decir, GOTO 0) si se introduce un día <0 ó >28. Mientras que el programa se procesa en el ordenador, se pueden sacar, en cualquier momento, copias de la imagen de la pantalla del modo siguiente:

La figura 3.2 es una copia de la pantalla obtenida de este modo.

El programa funciona en maravilloso silencio, pero, si esto te desagrada, puedes incorporar a la representación las órdenes de emitir un sonido (BEEP), al igual que el color, apropiadas.

```
   9 REM ************************
  10 REM     Fases de la Luna
  11 REM ************************
  15 BORDER 7: PAPER 7: INK 9: C
LS
  20 LET G=192: LET H=69: LET J=
55: LET K=52: LET M=100: LET Z=0
  29 REM ************************
  30 REM      bucle principal
  31 REM ************************
  40 FOR D=0 TO 28
  49 REM ************************
  50 REM dibuja la orbita lunar
  51 REM ************************
  60 CLS : CIRCLE G,H,J
  69 REM ************************
  70 REM  dibuja Luna en orbita
  71 REM ************************
  80 LET P=PI: LET A=(D-7)/14*P
  90 LET C=G+J*COS A
 100 LET E=H+J*SIN A
 110 CIRCLE C,E,5.5
 119 REM ************************
 120 REM dibuja tierra en orbita
 121 REM ************************
 130 LET C1=G-6*COS A
 140 LET E1=H-6*SIN A
 150 CIRCLE C1,E1,13
 159 REM ************************
 160 REM dib. sombra de la Luna
 161 REM ************************
 170 FOR N=.5 TO 5
 180 PLOT C+N,E: DRAW 0,K-10*N
 190 PLOT C-N,E: DRAW 0,K-10*N
 200 NEXT N
 209 REM ************************
```

```
 210 REM dib sombra de la tierra
 211 REM ************************
 220 FOR N=.5 TO 13
 230 PLOT C1+N,E1: DRAW 0,M-8*N
 240 PLOT C1-N,E1: DRAW 0,M-8*N
 250 PLOT  OVER 1;G,H
 260 NEXT N
 269 REM ************************
 270 REM  describe las fases
 271 REM ************************
 280 PRINT  PAPER 5;"Fase Lunar
";CHR$ 127;" :dia ";D
 290 PRINT  FLASH 1;"Luna "+("Nu
eva" AND (D=0 OR D=28))+(" en Cu
arto " AND (D=7 OR D=21))+("Llen
a" AND D=14)+("Creciente" AND (D
>0 AND D<14))+("Menguante" AND (
D>14 AND D<28))
 299 REM ************************
 300 REM       eclipses
 301 REM ************************
 310 PRINT  FLASH 1;( "Eclipse d
e Sol posible" AND (D=0 OR D=28)
)+("Eclipse de Luna posible" AND
 D=14)
 320 PRINT ("amanecer" AND D<14)
+("atardecer" AND D>14): PRINT "
vista lunar"
 330 PRINT  INK 2;AT 11,22;"Tier
ra";AT 5,18; INK 1;"Orbita Lunar
"
 335 PRINT  PAPER 6;AT 21,8;"Luz
 solar ^ ^ ^ ^ ^ ^ ^"
 339 REM ************************
 340 REM   dibuja el limbo
 341 REM ************************
 350 IF D>14 THEN  LET P=-P
 360 PLOT J,14: DRAW 0,J*2,P
 369 REM ************************
 370 REM dib. resto del contorno
 371 REM ************************
 380 LET B=D-7: LET X=2.5
 390 IF B>7 THEN  LET B=B-14
```

```
400 LET N=X*ATN (PI/180*-B*25)
410 PLOT J,14: DRAW 0,J*2,N
419 REM ************************
420 REM    sale del bucle(z=1)
421 REM ************************
430 IF Z=1 THEN GO TO 450
440 PAUSE 300: NEXT D: LET Z=1
450 INPUT "Escoge dia ";D
459 REM ************************
460 REM   goto condicional
461 REM ************************
470 GO TO (D>=0 AND D<=28)*60
9900 REM ************************
9990 SAVE "Luna" LINE 1
9999 REM 10,10,10,1000
```

Fases de la Luna (usando los UDG)

Cuando necesitamos representar en sucesión rápida las fases cambiantes de la Luna, y el tamaño de un simple carácter cuadrado es suficientemente grande para ello, puede ser útil utilizar los gráficos definidos por el usuario (UDG). Obviamente, no se pueden indicar todas las fases concebibles, pero se puede conseguir un efecto conveniente, al menos, con una selección suficiente.

El programa siguiente, que se puede incorporar a otro más extenso como subrutina (véase la Luna de marzo en el capítulo 6), se ha escrito con este propósito. Define 16 caracteres UDG desde CHR$ 144 a CHR$ 158, ambos inclusive. Las fases sucesivas van desde "luna nueva" (CHR$ 144) a "luna llena" (CHR$ 152) y vuelve de nuevo a ser una estrecha media luna (CHR$ 159) inmediatamente antes de pasar a "luna nueva" otra vez. En la figura 3.3 se detalla la construcción de los dibujos de las fases.

La redefinición de cada uno de los 16 caracteres gráficos requerirá introducir 128 familias de ocho datos (16×8). En este programa, los datos contienen solamente 48 valores —suficientes para las tres primeras líneas de cada carácter—. Como quiera que la sección inferior de cada uno de los caracteres es simétrica de la superior, el programa realiza la duplicación necesaria de datos, tal como se pone de relieve en la figura 3.4.

Funcionamiento del programa

Introduce el programa completo y haz que el ordenador lo ejecute para comprobar los resultados de tu trabajo. Las líneas 110 a 220 definen el nuevo carácter UDG

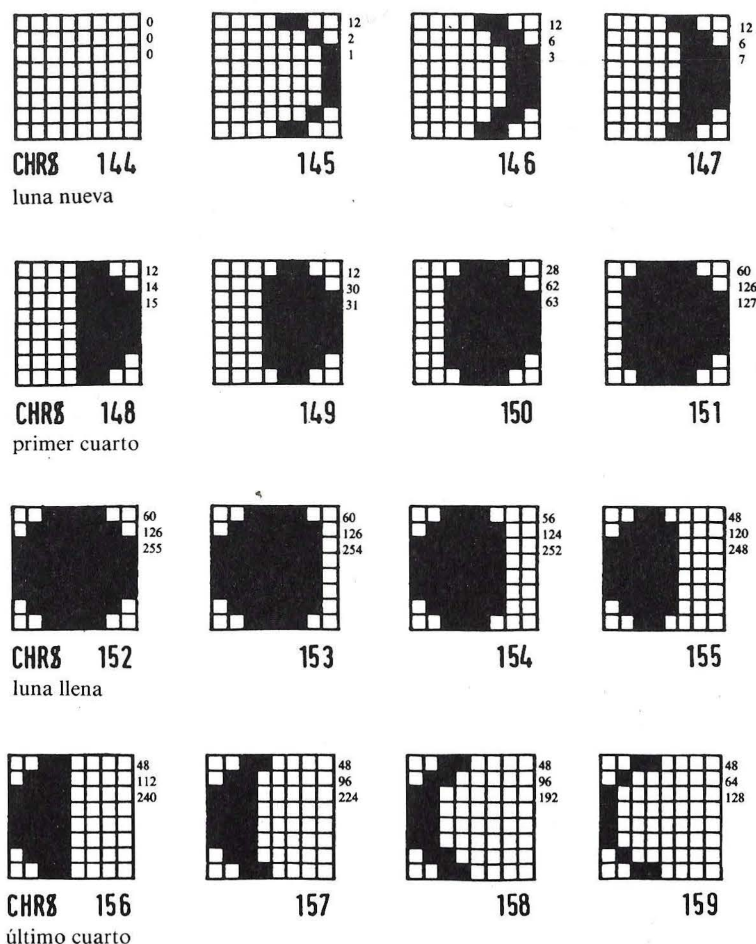


Figura 3.3. Definición de las fases de la Luna mediante los UDG.

y, desde la línea 1.000, se da una nueva orden de impresión para mostrar los cambios que se producen diariamente en la fase de la Luna (véase la figura 3.5).

Observa que la fase creciente se imprime más a la izquierda —lejos del Sol— cada día que se representa, hasta la fase creciente final inmediatamente a la derecha del Sol. La luna llena se imprime a la máxima distancia del Sol —en el centro de la imagen—. Esto imita correctamente la apariencia y el movimiento de todas las lunas principales en el sistema solar en sentido directo o inverso al de marcha de las agujas del reloj, según se contempla desde arriba (al norte) de la órbita de la Luna.

	DATA READ	DATA POKE	FOR/NEXT bucle
línea 0 (BIN 00110000)	48	48	f
línea 1 (BIN 01000000)	64	64	f
línea 2 (BIN 10000000)	128	128	x
línea 3 (BIN 10000000)	—	128 repite línea 2	x
línea 4 (BIN 10000000)	—	128 repite línea 2	x
línea 5 (BIN 10000000)	—	128 repite línea 2	x
línea 6 (BIN 01000000)	—	64 repite línea 1	f
línea 7 (BIN 00110000)	—	48 repite línea 0	f

Figura 3.4. Construcción del UDG del final de la fase menguante CHR$ 159.

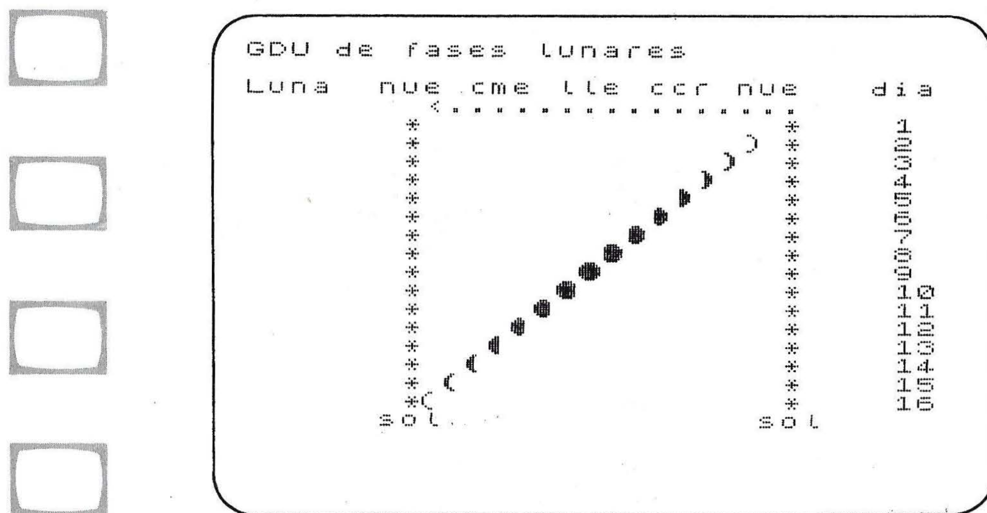


Figura 3.5. Representación mediante los "Gráficos Definidos por el Usuario" de las fases de la Luna.

Nuevos gráficos

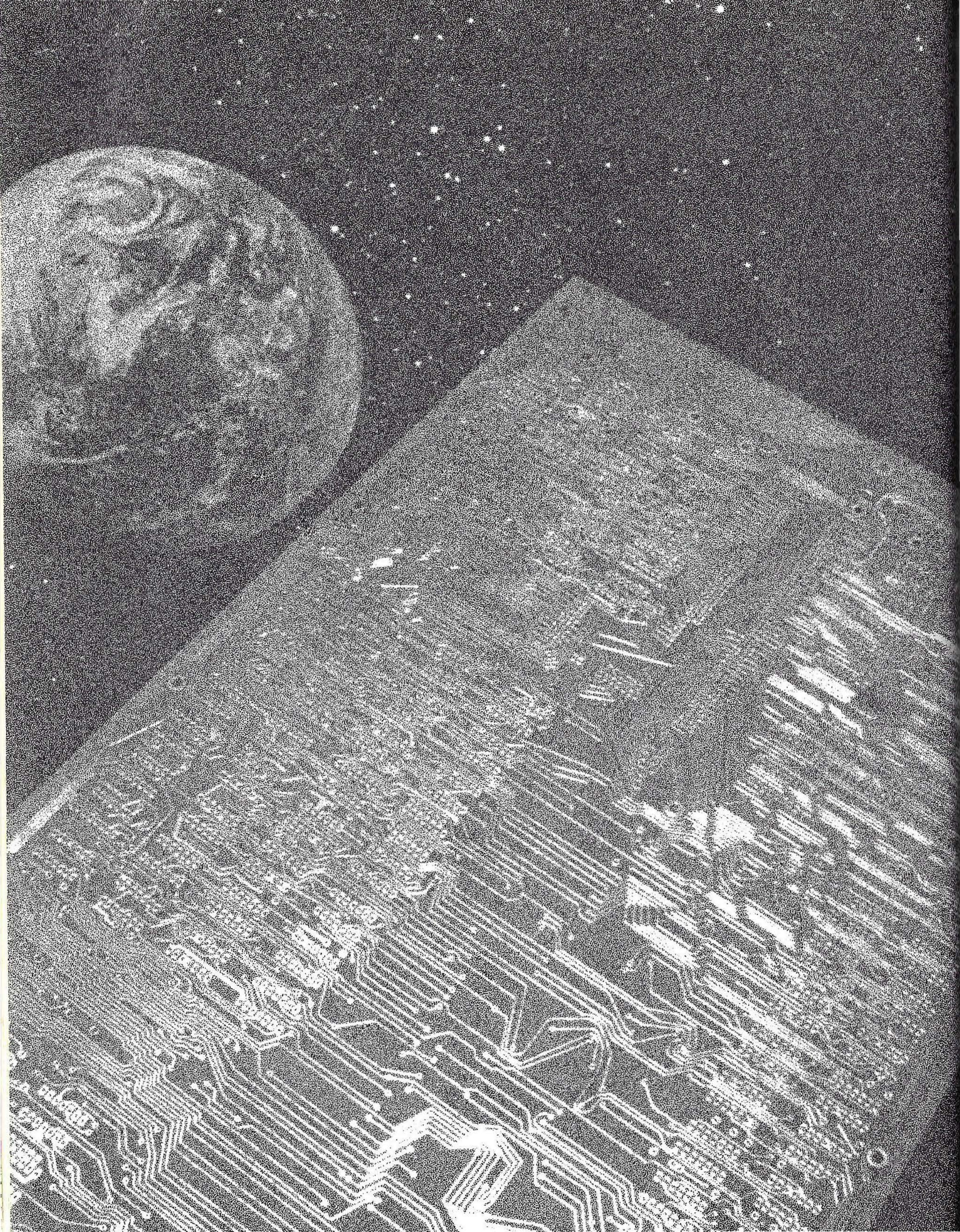
Veamos un procedimiento simple para rediseñar cualesquiera caracteres de este tipo:

1) Haz un croquis de los nuevos caracteres en papel cuadriculado.
2) Introduce en el Spectrum, como una orden directa, los valores BIN, es decir:

PRINT BIN 00000110 ENTER (valor decimal 6 - línea 0)
PRINT BIN 00000 111 ENTER (valor decimal 7 - línea 1)
PRINT BIN 00001111 ENTER (valor decimal 15 - línea 2)

3) Sustituye los datos por nuevos valores, recordando que los tres primeros valores son para CHR$ 144 y los tres últimos para CHR$ 159.

```
  99 REM ************************
 100 REM  GDU de fases lunares
 101 REM ************************
 110 DATA 0,0,0,12,2,1,12,6,3,12
,6,7,12,14,15,12,30,31,28,62,63
 120 DATA 60,126,127,60,126,255,
60,126,254,56,124,252,48,120,248
 130 DATA 48,112,240,48,96,224,4
8,96,192,48,64,128
 139 REM ************************
 140 REM     almacena los GDU
 141 REM ************************
 150 FOR n=0 TO 15: FOR f=0 TO 1
 160 READ p
 170 POKE USR CHR$ (144+n)+f,p
 180 POKE USR CHR$ (144+n)+7-f,p
 190 NEXT f
 200 READ c: FOR x=2 TO 5
 210 POKE USR CHR$ (144+n)+x,c
 220 NEXT x: NEXT n
 999 REM ************************
1000 REM  impresion de prueba
1001 REM ************************
1010 BORDER 1: PAPER 1: INK 6
1020 CLS
1030 PRINT "GDU de fases lunares
"
1040 PRINT AT 20,6;"sol";TAB 23;
"sol";AT 2,0; INK 5;"Luna  nue c
me lle ccr nue    "; INK 6;"dia"
1050 FOR n=0 TO 15: LET z=n+4
1060 PRINT AT 3,23-n;"<."
1070 PRINT AT z,29;n+1;AT z,7;"*
"
1080 PRINT AT z,24;"*"
1090 PRINT AT z,23-n; PAPER 0; I
NK 5;CHR$ (144+n): PAUSE 50: NEX
T n
1100 INK 0: PAPER 7: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "GDUluna"
```



Capítulo 4

Satélites

El lanzamiento del Sputnik I por la URSS, en 1957, dio comienzo a la era espacial e introdujo una expresión nueva en el vocabulario común: satélite artificial, para diferenciarlo de los satélites "naturales", que en el contexto astronómico tienen un significado muy preciso: cuerpo que gira en torno a un planeta, como la Luna, único satélite "natural" de la Tierra.

A partir del Sputnik I, se han colocado en órbita terrestre miles de satélites artificiales, y algunos se han enviado a girar en torno a otros cuerpos celestes, como Venus, Marte o nuestra Luna. Actualmente es raro que, en una noche clara, transcurran 30 minutos sin que pase sobre nosotros un satélite, mientras circunvala silenciosamente a la Tierra. A nuestros ojos, es un punto luminoso que se mueve rápidamente, siguiendo una trayectoria curva entre las estrellas.

Los satélites que más brillan circulan, generalmente, en órbitas más bajas y se mueven de oeste a este a través del cielo (nunca en la dirección opuesta). Los satélites que circulan a lo largo de órbitas polares (es decir, que pasan por los polos en cada vuelta) son, generalmente, más ligeros, y guardan una alineación casi perfecta con el eje terrestre, de manera que se mueven de norte a sur y de sur a norte con una dirección precisa.

El lanzamiento de un satélite cuesta cientos de millones de pesetas, ¡de modo que, si piensas solicitar un puesto de trabajo en el Centro de Control de Houston, conviene que te apliques a practicar los programas de simulación que a continuación te proponemos!

Órbita terrestre

El programa modelo que te proponemos te capacita para colocar un satélite en órbita en torno a la Tierra. Hay que introducir dos parámetros: la altura inicial del satélite sobre la superficie de la Tierra, y la velocidad inicial. Con ello se pueden efectuar miles de permutaciones, sin que existan dos idénticas. La órbita se traza en tiempo real y la presentación en la pantalla se reescala automáticamente para contener la órbita en la pantalla.

Para asegurar que el satélite alcanza su altura máxima cuando gira alrededor de la Tierra, se traza la mitad de la órbita terrestre, puesto que, como la otra mitad es exac-

tamente igual, su imagen se podría considerar como si fuese la de la primera reflejada en un espejo, y no obtendríamos ninguna ventaja del esfuerzo realizado para completar la órbita. Cada vez que se completa la mitad de la órbita, aparece en la parte superior derecha de la pantalla el período orbital completo, expresado en minutos, horas y días. En la parte inferior izquierda permanece, durante todo el trazado, el tiempo transcurrido, en minutos, y las posiciones relativas de las coordenadas "x" e "y". En la esquina inferior derecha se representan la altura inicial y la velocidad que se introdujeron.

Naturalmente que, como saben muy bien los científicos del espacio, la puesta en órbita de un satélite no se consigue sin más, automáticamente. Para ello, sobre todo si se le quiere situar en una órbita perfectamente circular, hay que sopesar la altura inicial y la velocidad.

Aún tenemos que considerar otra cuestión. Aunque el satélite recorra sin problemas su órbita respecto al centro de la Tierra (es decir, el centro del campo de gravedad de la Tierra), la superficie terrestre puede interponerse en su camino y hacer que el satélite se estrelle. El Spectrum, cortésmente, emite una señal de alarma (BEEP) y queda a la espera de nuevas instrucciones (INPUT).

Una segunda posibilidad de fracaso consiste en que el satélite se pierda en el espacio cuando la velocidad inicial es demasiado elevada. Este programa en particular no reconoce esta condición, y continuará adaptando la escala de la representación, mediante la línea 560 (if ... YY > 175) cada vez que el satélite alcance la parte superior de la pantalla, esperando constantemente que el satélite retorne a la Tierra. En tal caso, debemos interrumpir el programa y ejecutarlo de nuevo. Se incluye una opción para sacar una copia, a través de la impresora ZX, de las órbitas acertadas.

El gráfico Kepler

El siguiente programa traza las órbitas de acuerdo con las leyes del movimiento de los planetas de Kepler (que se aplican a todo cuerpo menor que gira en una órbita en torno a otro mayor) formando una elipse, en uno de cuyos focos se encuentra el centro de la Tierra. El satélite acelera cuando se acerca a la Tierra, para compensar el incremento de la atracción gravitatoria que experimenta. Con los datos siguientes puedes comprobar que el programa consigue una razonable precisión y constituye una bella simulación de las vueltas de un cuerpo en torno a la Tierra:

1) Altura inicial: 370 km.
   velocidad inicial: 530 km/min.
   = período orbital: 88 min.

Este es el período mínimo de los satélites más bajos, como el Sputnik I.

2) Altura inicial: 445.000 km.
velocidad inicial: 68,5 km/min.
= período orbital: 27,37 días (o período sideral).

Esto corresponde a nuestro satélite natural, la Luna.

Ejemplos de comprobación

Los datos anteriores corresponden a órbitas perfectamente circulares. Pero lo más frecuente es que la órbita sea elíptica. Si la órbita que se traza toca la parte izquierda de la pantalla, la representación no se reacondiciona (reescala), pero permite continuar el trazado a modo de una imagen reflejada en un espejo, vuelta hacia la derecha de nuevo, para mantener la imagen a su máximo tamaño. Las copias de la pantalla muestran resultados típicos del programa (Figs. 4.1, 4.2 y 4.3).

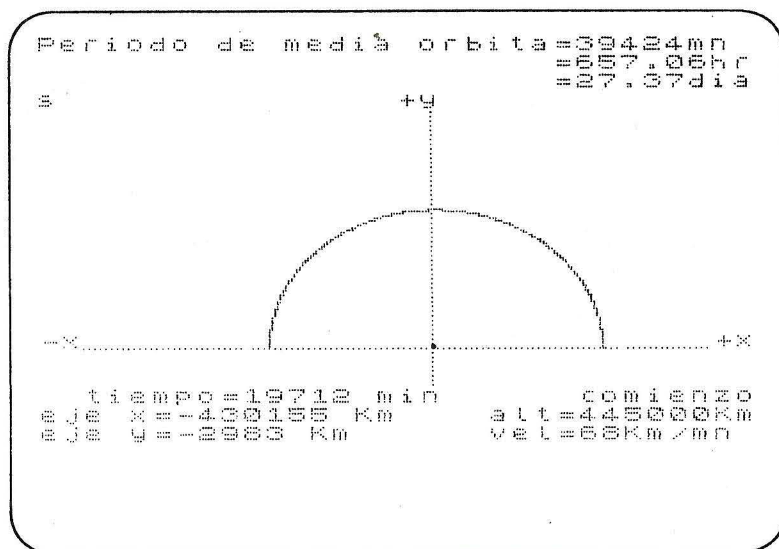


Figura 4.1. Simulación de órbitas alrededor de la Tierra: órbita de la Luna.

Control de misión

Trata, como experimento, de trazar órbitas para programas espaciales rusos y americanos, en comunicaciones de largo alcance. Los occidentales han lanzado satélites geoestacionarios, emplazados a suficiente distancia de la Tierra como para que su período orbital sea de 24 horas y permanezcan fijos sobre el ecuador en una longitud

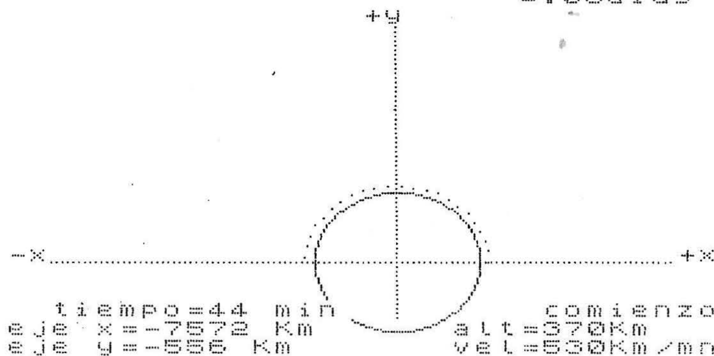


Figura 4.2. Simulación de la órbita de un satélite artificial de baja altura alrededor de la Tierra.

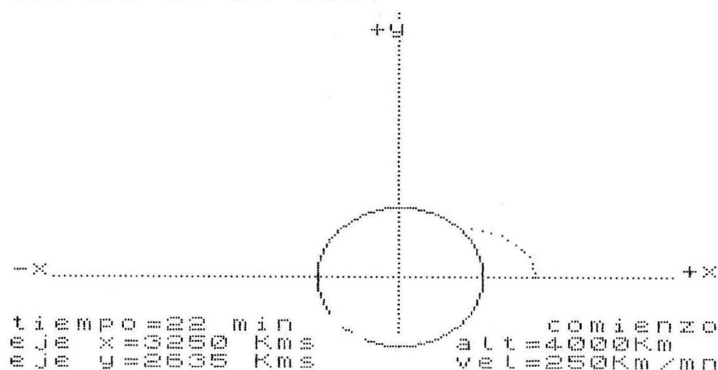


Figura 4.3. Satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra capturado por el campo gravitatorio al no tener suficiente velocidad.

```
   9 REM ************************
  10 REM   Orbita terrestre
  11 REM ************************
  15 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS
  20 LET SE=7912/2: LET HW=32.12
  40 LET DN=.68181818: LET Z=1
  70 LET G=HW*DN*SE*SE: LET T=0
  79 REM ************************
  80 INPUT "Altura sobre la tier
ra en Km.",EH
  85 LET EH=EH/1.852
  90 INPUT "Velocidad en Km/min"
,SP: LET SP=SP/1.852: IF SP>999
THEN  GO TO 90
  91 REM ************************
 100 LET TM=2/Z: LET H=TM
 120 LET W=SP: LET X=EH+SE
 140 LET Y=0: LET V=0
 154 REM ************************
 155 REM    pantalla inicial
 156 REM ************************
 160 FOR N=0 TO 255 STEP 2
 170 PLOT  INK 5;140,N-100
 180 PLOT  INK 5;N,40: NEXT N
 190 PRINT AT 16,0;"-x";AT 16,30
;"+x";AT 3,16;"+y"
 200 PRINT AT 19,24;"comienzo";T
AB 20;"alt=";EH*1.852;"Km";TAB 2
0;"vel=";INT (W*1.852);"Km/mn"
 204 REM ************************
 205 REM   dibuja la tierra
 210 CIRCLE  INK 4;140,40,30*Z
 211 REM ************************
 220 LET R=X: LET S=Y
 230 LET H4=H/4
 240 LET X=X+H4*V: LET Y=Y+H4*W
 260 GO SUB 440
 270 LET X=R: LET Y=S
 280 LET H2=H/2
 290 LET V=V+H2*B: LET W=W+H2*C
 310 GO SUB 500
```

```
 320 FOR T=0 TO 4E6 STEP TM
 330 LET X=X+H*V: LET Y=Y+H*W
 350 GO SUB 440
 360 IF D>SE THEN  GO TO 390
 364 REM ************************
 365 REM   choque del satelite
 366 REM ************************
 370 FOR n=45 TO -30 STEP -15: B
EEP .5,n-30: NEXT n: PRINT  INK
3;AT 0,0;"Velocidad muy baja"'"C
hoque en ";t;" min."
 380 GO TO 610
 381 REM ************************
 390 LET V=V+H*B: LET W=W+H*C
 410 GO SUB 500: NEXT T
 440 LET E=X*X+Y*Y
 450 LET D=SQR E: LET A=-G/E
 470 LET B=A*X/D: LET C=A*Y/D
 490 RETURN
 499 REM ************************
 500 PRINT AT 19,0;"tiempo=";T;"
 min   "
 510 PRINT "eje x=";INT X;" Kms
 "
 520 PRINT "eje y=";INT Y;" Kms
 "
 521 REM ************************
 530 LET XX=(X/125*Z)+140
 540 LET YY=(Y/125*Z)+40
 550 IF X<0 AND Y<0 THEN  GO TO
590
 554 REM ************************
 555 REM      ajuste de ejes
 556 REM ************************
 560 IF XX>255 OR XX<-255 OR YY>
175 THEN  LET Z=Z/2: CLS : PRINT
  INK 3;"Ajuste": GO TO 100
 569 REM ************************
 570 PLOT  BRIGHT 1; INK 6;XX,YY
 571 REM ************************
 580 RETURN
 590 FOR n=0 TO .5 STEP .02: BEE
P n/4,n/5: NEXT n
```

```
 594 REM ************************
 595 REM periodo de orbita, menu
 596 REM ************************
 600 PRINT  INK 6;AT 0,0;"Period
o media orbita=";T*2;"mn"'TAB 20
;"=";INT (T/.3)/100;"hr"'TAB 20;
"=";INT (T/.3/24)/100;"dias"
 609 REM ************************
 610 PRINT #0; INK 5;"'C'=COPY '
O'=otra orbita": PAUSE 0
 620 IF INKEY$="c" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 610
 630 RUN
 631 REM ************************
9990 SAVE "Orbita" LINE 1
```

determinada. Esta solución, que parece ser la ideal, la propuso Arthur C. Clarke en un artículo publicado en la revista *Wireless world* en los años cuarenta.

El planteamiento de los rusos es, o era, al menos en los años sesenta, colocar sus aparatos en órbitas acusadamente elípticas, aunque también con períodos orbitales de 24 horas. Como hemos puesto de manifiesto anteriormente, tales satélites deberían modificar su velocidad constantemente, de acuerdo a la distancia que les separase de la Tierra en cada momento, y permanecerían relativamente estacionarios (de modo que no necesitan antenas con seguimiento), durante unas pocas horas al día, mientras están en el apogeo (la sección de la órbita más lejana a la Tierra). Con tu Spectrum puedes realizar muchas combinaciones.

"Órbita de satélite"

Este programa se basa en el de órbita terrestre, pero se ha ampliado para que se pueda aplicar a cualquier satélite que gire en torno a cualquier planeta, o incluso a nuestra Luna.

Además de introducir la altura y la velocidad iniciales del satélite, es preciso proporcionar datos del planeta alrededor del cual vaya a girar, como son su diámetro, en kilómetros, y la relación entre su masa y la de la Tierra (que aquí es igual a 1). Esta información se incluye en la pantalla inicial (Fig. 4.4), para varios cuerpos celestes, aunque no tenemos por qué reducirnos a usar sólo ésos. Habría que comprobar diversos datos, incluyendo características exóticas, como diámetros demasiado cortos y masas excesivamente grandes. No puede esperarse que el programa sea capaz de afrontar todas las posibilidades, particularmente cuando se trata de planetas que tienen masas muy grandes. La conjunción de un procesamiento insuficiente y de órbitas demasiado rápidas puede producir resultados extraños.

El programa reconoce si un satélite está situado en una órbita parabólica o hiper-

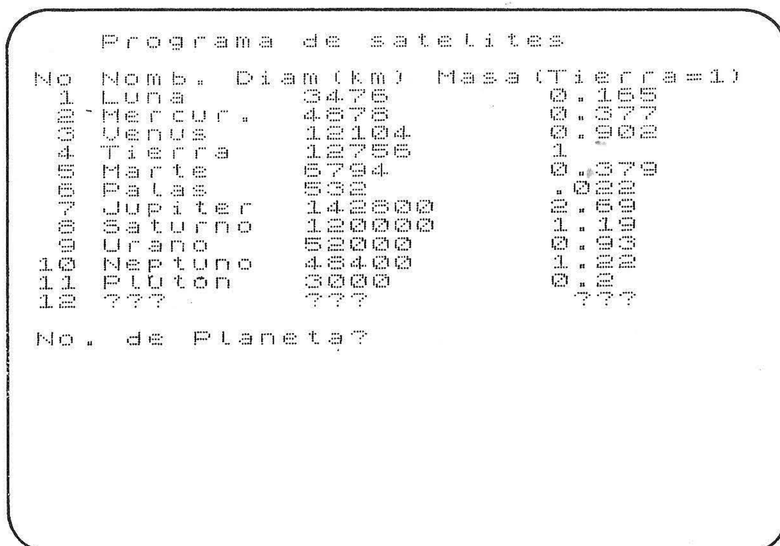


Figura 4.4. Datos de diferentes planetas y satélites contemplados en el programa "Órbita de satélite".

bólica (abierta-cerrada) y, por tanto, se pierde en el espacio. Del mismo modo, el Spectrum emite una señal de alarma si la velocidad inicial es demasiado baja, porque el satélite corre entonces peligro de estrellarse contra la superficie del planeta.

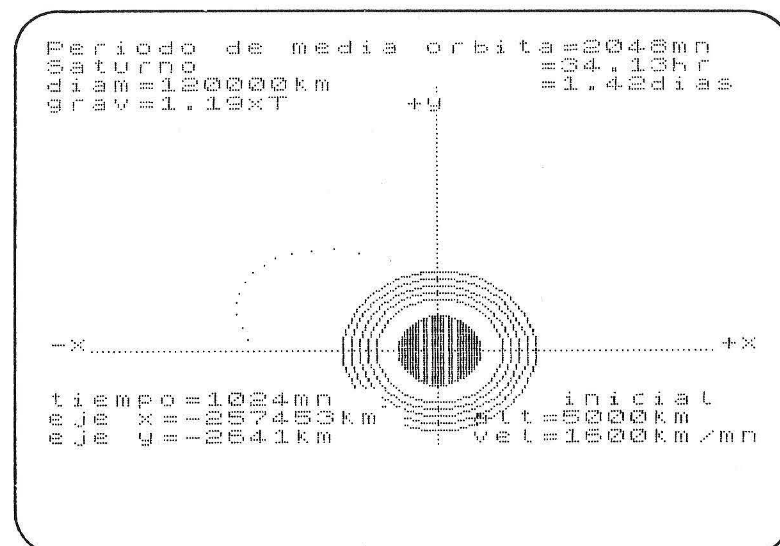


Figura 4.5. Simulación de órbita de un satélite alrededor de Saturno.

El programa reconoce específicamente un planeta (Saturno) y dibuja el sistema de anillos que lo circundan si se introduce su nombre en el programa (véase líneas 60 y 190). En aras a la claridad, se aconseja emplazar el satélite fuera del sistema de anillos de Saturno.

La orden de borrado CLS no se utiliza, excepto para un nuevo planeta, y así podemos recorrer múltiples órbitas, una tras otra, hasta que quedemos satisfechos con una órbita particular. La información que aparece en las esquinas de la pantalla, comenzando por la parte superior izquierda, consiste en: datos del planeta; período orbital individual, en minutos, horas y días, y, en la parte inferior, el tiempo que ha transcurrido, en minutos; posiciones relativas de las coordenadas "x" e "y", y altura y velocidad iniciales en kilómetros. Se incluye opción de copiar la pantalla en la impresora ZX (véanse los ejemplos de las figuras 4.5, 4.6 y 4.7).

El programa constituye un excelente medio para profundizar en el comportamiento de, por ejemplo, las lunas de Júpiter o Saturno, cuyos campos gravitatorios son mayores que el de la Tierra.

Como demostración de todo esto diremos que la luna Io de Júpiter está a similar distancia del centro de este planeta que la Luna del de la Tierra y, sin embargo, Io realiza una órbita alrededor de Júpiter en 1,8 días, mientras que la Luna tarda 27,3 días (período llamado sideral) en dar la vuelta a la Tierra. Trata de experimentar algunos ejemplos con datos que puedes obtener de un libro de texto, pero no esperes alcanzar mucha precisión, porque los resultados deben de considerarse más como informativos que como precisos.

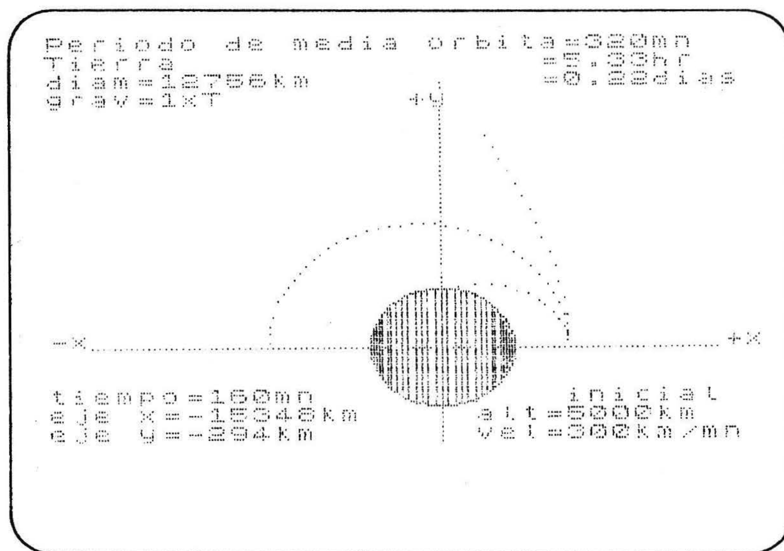


Figura 4.6. Satélite en órbita alrededor de la Tierra. Uno de ellos ha sido atraído por el campo gravitatorio terrestre, al que otro escapa definitivamente debido a su alta velocidad; un tercero, sin embargo, permanece en una órbita a gran altura.

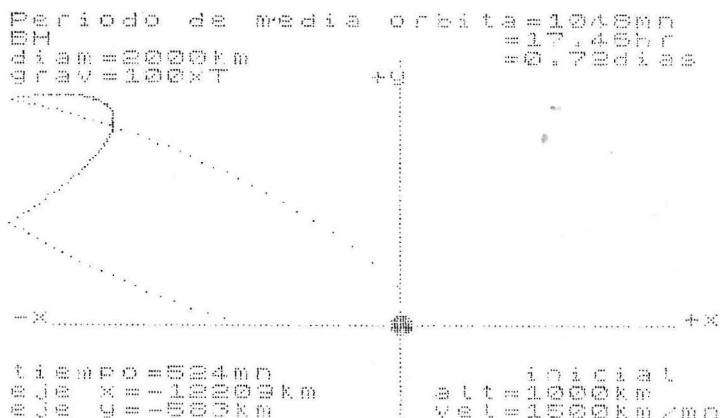


Figura 4.7. Órbita alrededor de un mundo 26.000 veces más denso que la Tierra. (Que es un mundo ligero comparado con la estrella LP 768 500, con una densidad de 1.100 toneladas por cm³. Las estrellas de neutrones y los agujeros negros son, por supuesto, infinitamente más pesados.)

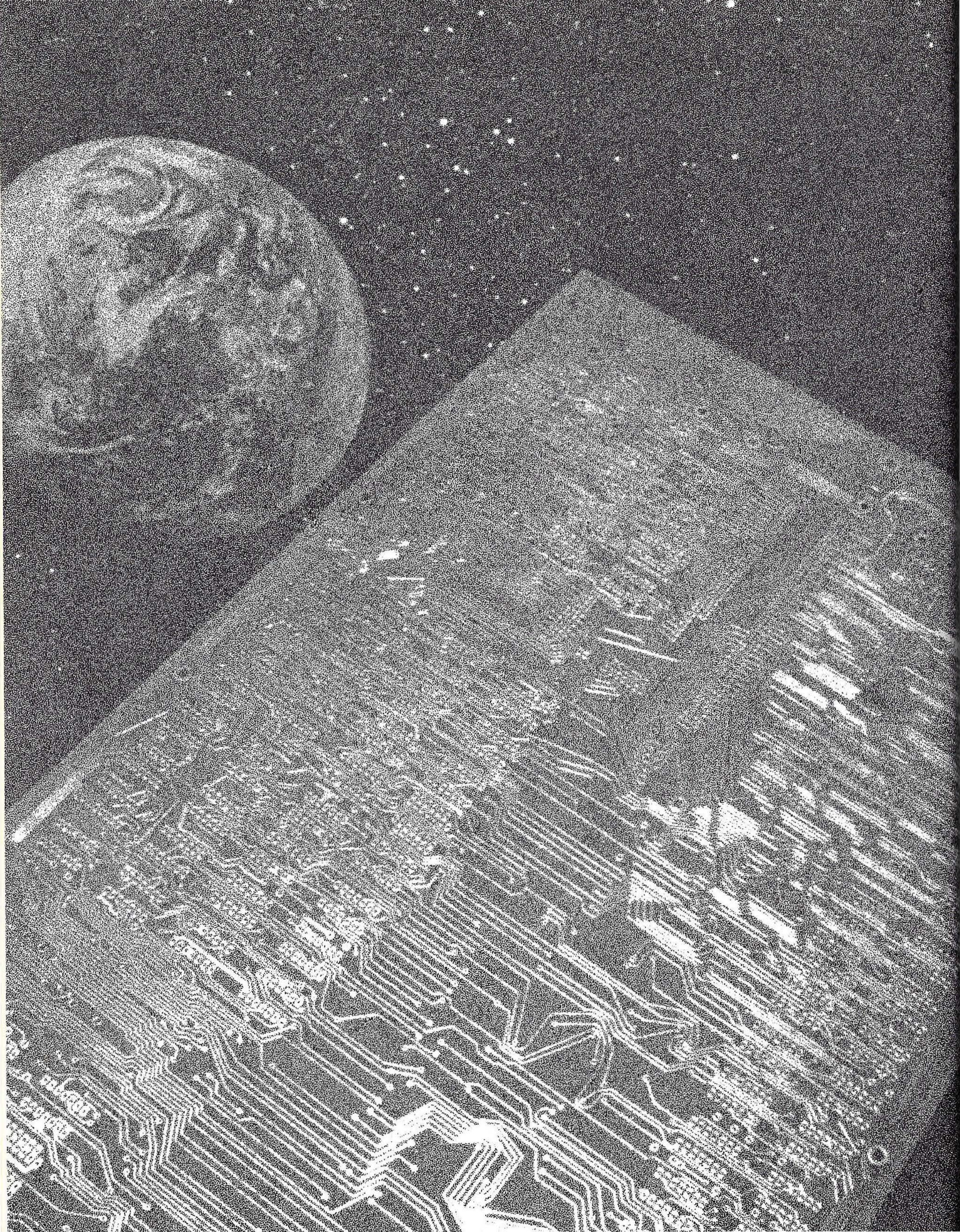
```
   9 REM ************************
  10 REM   Orbita de satelite
  11 REM ************************
  20 GO SUB 1000:    REM datos
  21 REM ************************
  30 LET N$=A$(N)
  40 LET K=D(N): LET M=M(N)
  50 IF N<12 THEN  GO TO 90
  60 INPUT "Nombre del planeta "
;N$
  70 INPUT "Diametro(km) ";K: IF
 K>150000 OR K<500 THEN  GO TO 7
0
  80 INPUT "Gravedad(Tierra=1.00
)";M
  81 REM ************************
  90 IF zz=0 THEN  CLS
 100 LET RD=K/2: LET GV=M*32.12
 110 LET Z=1: LET CN=60*60/5280
 120 LET T=0: LET G=GV*CN*RD*RD
 130 INPUT "Altura del satelite
```

```
sobre "'(N$);"(km)";HI
 140 INPUT "Velocidad del sateli
te(km/min)"'VL
 150 IF zz=1 THEN  CLS : LET zz=
0
 160 IF VL>9999 THEN  GO TO 140
 170 LET DISK=(RD/125*16)*Z
 180 IF DISK>40 THEN  LET Z=Z/2:
 GO TO 170
 190 IF N$="Saturno" AND DISK*2.
5>40 THEN  LET Z=Z/2: GO TO 170
 200 PRINT  PAPER 4;AT 1,0;N$
 210 PRINT  INK 5;"diam=";K;"km"
'"grav=";M;"xT"
 220 LET TM=.125/Z: LET H=TM
 230 LET W=VL: LET X=HI+RD
 240 LET HO=X: LET Y=0: LET V=0
 244 REM ************************
 245 REM   dibuja los ejes
 246 REM ************************
 250 FOR N=0 TO 255 STEP 2
 260 PLOT 140,N-100
 270 PLOT N,40: NEXT N
 280 PRINT AT 16,0;"-x";AT 16,30
;"+x";AT 3,16;"+y"
 290 PRINT AT 19,23;"inicial";AT
 20,19;"alt=";HI;"km";AT 21,19;"
vel=";INT W;"km/mn"
 294 REM ************************
 295 REM    dibuja el planeta
 296 REM ************************
 300 INK 5
 310 FOR J=0 TO PI/2 STEP .1
 320 LET PX=INT (SIN J*DISK)
 330 LET PY=INT (COS J*DISK)
 340 PLOT 140-PX,40+PY
 345 DRAW 0,-PY*2
 350 PLOT 140+PX,40+PY
 355 DRAW 0,-PY*2: NEXT J
 360 CIRCLE 140,40,DISK: INK 9
 374 REM ************************
 375 REM si es Saturno dibuja lo
s anillos
```

```
 376 REM ************************
 380 IF N$="Saturno" THEN  FOR N
=1.5 TO 2.5 STEP .2: CIRCLE 140,
40,DISK*N: NEXT N
 381 REM ************************
 390 LET R=X: LET X=X+H/4*V
 400 LET S=Y: LET Y=Y+H/4*W
 410 GO SUB 580
 420 LET X=R: LET V=V+H/2*B
 430 LET Y=S: LET W=W+H/2*C
 440 GO SUB 610
 448 REM ************************
 449 REM   bucle principal
 450 FOR T=0 TO 4E4 STEP TM
 451 REM ************************
 460 LET X=X+H*V: LET Y=Y+H*W
 470 GO SUB 580
 474 REM ************************
 475 REM satelite perdido/choque
 476 REM ************************
 480 IF X>0 AND Y>(2*HO) THEN  P
RINT  FLASH 1; PAPER 2;AT 0,0;"V
el. muy alta-sat. PERDIDO ": GO
TO 510
 490 IF D>RD THEN  GO TO 530
 500 PRINT  FLASH 1; PAPER 3;AT
0,0;P$;AT 0,0;"Vel. muy baja-CHO
QUE en:   ";T;"mn "
 505 PLOT  FLASH 1;XX,YY
 510 FOR N=45 TO -30 STEP -15: B
EEP .5,N-30: NEXT N
 520 PAUSE 50: PLOT  FLASH 0;XX,
YY: GO TO 740
 521 REM ************************
 530 LET V=V+H*B: LET W=W+H*C
 540 PAPER 0
 550 GO SUB 610
 559 REM ************************
 560 NEXT T: REM bucle principal
 561 REM ************************
 570 GO TO 130
 580 LET E=X*X+Y*Y: LET D=SQR E
 590 LET A=-G/E: LET B=A*X/D
```

```
 600 LET C=A*Y/D: RETURN
 610 PRINT AT 19,0;"tiempo=";T;"
mn  "
 620 PRINT "eje x=";INT X;"km "
 630 PRINT "eje y=";INT Y;"km "
 640 LET XX=(X/125*16*Z)+140
 650 LET YY=(Y/125*16*Z)+40
 660 IF X<0 AND Y<0 THEN  GO TO
690
 670 IF XX>255 OR XX<-255 OR YY>
175 THEN  LET Z=Z/2: CLS : PRINT
 AT 0,0;P$;AT 0,0;"AJUSTE=";Z: G
O TO 170
 679 REM ************************
 680 PLOT XX,YY: REM dibuja el s
atelite
 685 RETURN
 689 REM ************************
 690 FOR n=0 TO .5 STEP .02: BEE
P n/4,n/5: NEXT n
 700 LET HR=INT (T/.3)/100: LET
DY=INT (T/.3/24)/100
 710 PRINT  PAPER 6;AT 0,0;"Peri
odo de media orbita=";T*2;"mn"
 720 PRINT AT 1,22;"          ";
AT 2,22;"          "
 730 PRINT AT 1,22;"=";HR;"hr";A
T 2,22;"=";DY;"dias"
 734 REM ************************
 735 REM           menu
 736 REM ************************
 740 PRINT #0; INK 9; PAPER 4;"z
=COPIA:p=otro plan.:o=otra Orb."
 750 PAUSE 0: IF INKEY$="o" THEN
  PRINT AT 0,0;P$: GO TO 130
 760 IF INKEY$="z" THEN  LPRINT
: COPY : GO TO 750
 770 RUN
 999 REM ************************
1000 REM           datos
1001 REM ************************
1005 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS : RESTORE
```

```
1010 LET zz=1: DIM P$(32)
1015 DIM a$(12,7): DIM d(12): DI
M m(12)
1020 DATA "Luna",3476,.165
1030 DATA "Mercur.",4878,.377
1040 DATA "Venus",12104,.902
1050 DATA "Tierra",12756,1.00
1060 DATA "Marte",6794,.379
1070 DATA "Palas",532,.022
1080 DATA "Jupiter",142800,2.69
1090 DATA "Saturno",120000,1.19
1100 DATA "Urano",52000,.93
1110 DATA "Neptuno",48400,1.22
1120 DATA "Pluton",3000,.2
1121 REM ************************
1122 REM titulos iniciales/sel.
1123 REM ************************
1125 PRINT '' PAPER 6;"   Progra
ma de satelites   "''
1130 PRINT  PAPER 5;"No Nomb. Di
am(km) Masa(Tierra=1)"
1140 FOR N=1 TO 11: READ A$(N),D
(N),M(N)
1150 PRINT (" " AND N<10);N;" ";
1155 PRINT A$(N);TAB 12;D(N);TAB
 23;M(N)
1160 NEXT N: PRINT  PAPER 6;"12
???        ???         ???     "
1170 PRINT '"No. de Planeta?"
1180 INPUT N: IF N<0 OR N>12 THE
N  GO TO 1180
1200 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Orbsat" LINE 1
```



Capítulo 5

Órbitas del sistema solar

La Astronomía y las órbitas están vinculadas tan estrechamente como las fresas y la nata, hasta el punto de que, si prescindiéramos de las órbitas, todo el universo que conocemos se colapsaría literalmente. El movimiento perpetuo del satélite en torno al planeta, del planeta en torno a la estrella, de la estrella en torno a la galaxia, y así sucesivamente, permite que el universo exista y le confiere su estructura. Y no debemos olvidar que las mayores galaxias del universo se componen de las cosas más pequeñas de la creación —electrones en órbita alrededor del núcleo atómico.

Las órbitas personifican el movimiento perpetuo, concepto que se ha resistido a los esfuerzos de la imaginación humana, para la que resulta totalmente inaprehensible. El más sensible motor a reacción fabricado por el hombre, se comporta como un basto mecanismo si lo comparamos con el que origina los billones de órbitas que nuestra Luna ha trazado en torno a la Tierra, con un movimiento tan sencillamente preciso que haría palidecer de envidia a un ingeniero. Pero la naturaleza no es impetuosa y, por supuesto, tiene tiempo —todo el tiempo del mundo— para comportarse con la máxima exactitud.

En último término, el movimiento orbital significa supervivencia: supervivencia de un cuerpo débil ante la tiranía gravitatoria de sus vecinos, tan intensa como para engullir a cualquier candidato que le pille cerca. La órbita es una fina cuerda floja por la que ha de caminar el cuerpo más pequeño para mantener su distancia, en un equilibrio perfecto entre las fuerzas de atracción gravitatoria del cuerpo mayor y de la repulsión que le permite liberarse de su esclavitud. La masa del Sol, a la que es proporcional su gravedad, por ejemplo, es mil veces mayor que la de todos los planetas y satélites juntos. Aquéllos no tienen otra opción que girar alrededor del Sol, y los cuerpos más pequeños no pueden elegir otra cosa que girar en torno a ellos.

El Spectrum y sus gráficos simulan algunas de estas órbitas fácilmente.

Planetario

En 1715, el conde Orrery construyó el modelo mecánico del Sistema Solar que lleva su nombre. Mas, como quiera que en aquel tiempo sólo se conocían los seis planetas descubiertos desde la antigüedad (de Mercurio a Saturno), quedaron fuera de su modelo Neptuno y Plutón, descubiertos posteriormente. En él, se representa cada pla-

neta mediante un globo unido a un hilo horizontal de longitud proporcional al radio de su órbita, bajo otro globo central que representa al Sol. Todo ello, colocado dentro de una cabina perfectamente construida, con una manivela que, al girar, pone en movimiento a los planetas.

El programa

El programa que presentamos a continuación es una versión para ordenador de este dispositivo que simula la escala y el movimiento relativo de los planetas alrededor del Sol. Se utilizan dos escalas distintas: una, para los planetas Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, y, otra, para Júpiter, Saturno y Neptuno. Tales escalas se pueden seleccionar mediante INPUTs de 1 ó 5 (línea 80).

En la pantalla se incluye un temporizador que cuenta, en semanas, la progresión de los planetas a lo largo de sus respectivas órbitas, a partir de una línea inicial común. Repárese en que los planetas progresan más lentamente cuanto más alejados están del Sol, por cuanto entonces no se encuentran inmersos en un campo gravitatorio tan intenso como, por ejemplo, Mercurio. En las figuras 5.1 y 5.2 se muestran dos copias de la pantalla como ejemplo.

La línea 25 contiene los datos de los radios de las órbitas, los cuales se dimensionam (DIN) y leen (READ) en la cadena a(f), en la línea 50. Las variables "h" y "g" son las coordenadas horizontal y vertical de la posición que ocupan el Sol y el centro de las órbitas en la imagen resultante.

Los textos de las líneas 60 y 70 hacen que se impriman las dos opciones, y la línea 90 sobreimprime la que no se ha seleccionado con la variable b$ de 24 espacios en blanco.

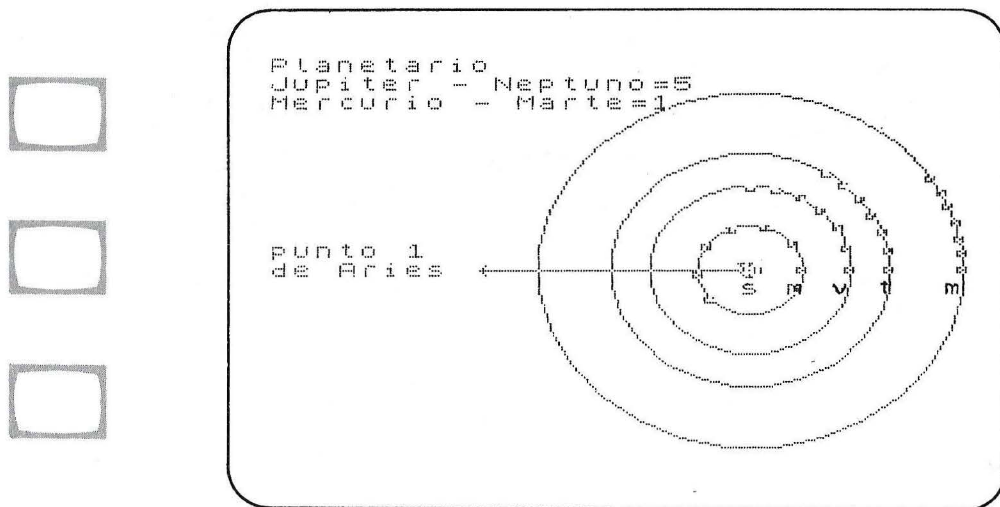


Figura 5.1. Planetario del sistema de planetas interiores.

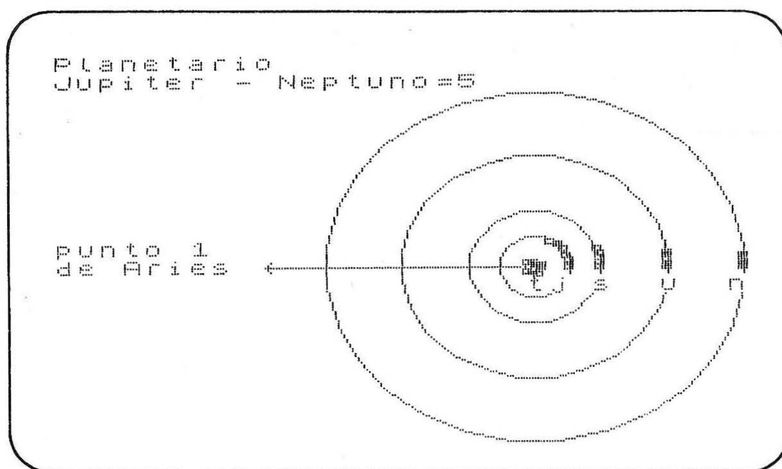


Figura 5.2. Planetario del sistema de planetas gaseosos gigantes.

La línea restante, que lleva la instrucción PRINT, sirve para encabezar la pantalla siguiente, sin que haya necesidad de utilizar la orden de borrado CLS. Las líneas 120 a 130 utilizan un bucle FOR/NEXT n para dibujar (utilizando CIRCLE) la órbita seleccionada. Observa cómo afecta al bucle FOR/NEXT n el valor de la variable n (línea 120):

if b = 1 then FOR n = 1*1 To 1 + 4 (= 5)
o if b = 5 then FOR n = 1*5 To 5 + 4 (= 9)

En las líneas 180 a 240 se utiliza un bucle FOR/NEXT n similar para hacer que los planetas giren en su órbita. El paso incluido en el bucle FOR/NEXT en la línea 150 controla la longitud del programa que se ejecuta.

La presentación en la pantalla

La presentación es más efectiva si se realiza sobre una pantalla negra, mediante la orden directa:

BORDER 0: PAPER 0: INK 7: CLS: RUN.

Las órbitas están lo suficientemente alejadas entre sí como para que no necesiten compartir un mismo cuadrado de carácter. Se les puede dar color para conseguir mayor claridad, mediante la corrección de la línea 130 a:

CIRCLE INK n - (b AND b = 5) + 1; g,h,a(n): NEXT n

```
  9 REM ***********************
  10 PRINT   "Planetario"
  11 REM ***********************
  25 DATA 19,36,50,76,3,13,24,48
,75
  30 BRIGHT 1: DIM b$(24)
  40 LET h=83: LET g=171
  50 DIM a(9): FOR f=1 TO 9: REA
D a(f): NEXT f: RESTORE
  59 REM ***********************
  60 PRINT "Jupiter - Neptuno=5"
  70 PRINT "Mercurio - Marte=1"
  71 REM ***********************
  80 INPUT "selecciona 1 o 5",b:
 IF b<>1 AND b<>5 THEN  GO TO 80
  90 PRINT AT b/5+1,0;b$
 100 PRINT AT 10,0;"punto 1"'"de
 Aries <";TAB 21;"*"
 110 PLOT g-5,h: DRAW -90,0
 120 FOR n=1*b TO b+4
 130 CIRCLE g,h,a(n): NEXT n
 140 PRINT  AT 12,21;("s m v t
m" AND b=1)+("tj s  u  n" AND b=
5)
 144 REM ***********************
 145 REM dib. planetas en orbita
 146 REM ***********************
 150 FOR d=1 TO 400 STEP 50/b
 160 LET sem=INT (1+d/50*b^2.7)
 170 PRINT #0; FLASH 1;AT 0,0;"s
emana ";sem
 180 FOR n=1*b TO b+4
 190 LET v=1/a(n)^1.4*100
 200 LET e=d/400*v*PI
 210 LET c=g+a(n)*COS e
 220 LET s=h+a(n)*SIN e
 230 CIRCLE INT c,INT s,1.5
 240 NEXT n: NEXT d: STOP
9900 REM ***********************
9990 SAVE "planetario"
```

Ley de Bode

En 1772, el astrónomo alemán Johann Bode, demostró que las distancias medias al Sol de cada uno de los planetas de su sistema se correspondían con una simple progresión matemática del tipo: 0 + 4; 3 + 4; 6 + 4; 12 + 4, ... en la que el valor para la Tierra era 10 (6 + 4).

En aquella época, sólo se conocían seis planetas, que se ajustaban perfectamente a la afirmación de la que vino a llamarse Ley de Bode.

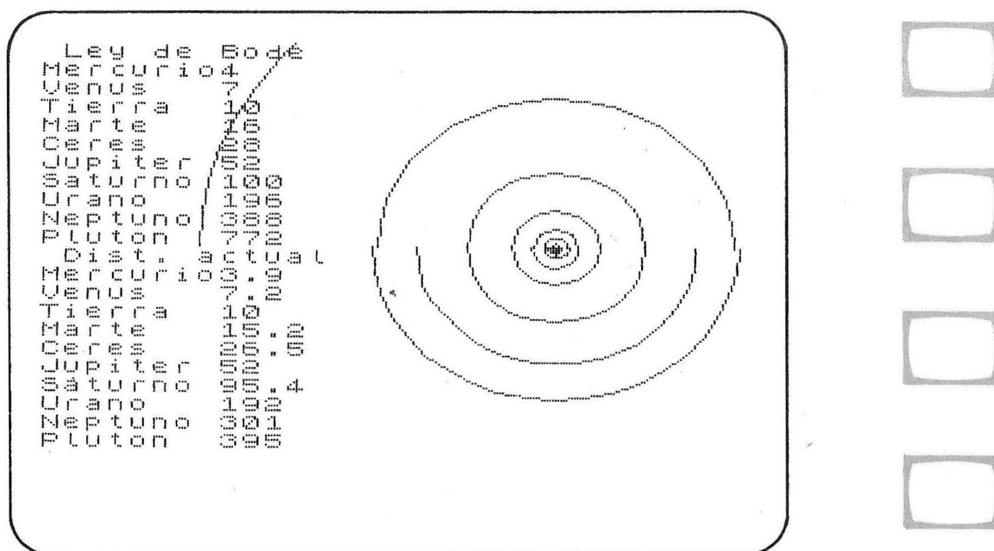


Figura 5.3. Ley de Bode.

El descubrimiento de Urano, tras Saturno, en 1781, y el del planeta menor Ceres, entre Marte y Júpiter, en 1801, que ''ocupaban disciplinadamente sus plazas'', confirmó la ley. Sin embargo, los descubrimientos de Neptuno, en 1846, y Plutón, en 1930, la contradecían, puesto que Neptuno ocupa la órbita que, según la Ley de Bode, debería ocupar Plutón, como demuestra el programita siguiente. ¿Te atreverías a enmendar a Bode, ofreciendo una explicación mejor?

El programa

En la parte superior de la pantalla aparece una lista y el dibujo de los arcos semiorbitales, calculados por la variable «bode» (Z + 4) y, en la parte inferior, los valores reales obtenidos (READ) de los datos (DATA). La representación ocupa el máximo espacio, mediante la rutina DRAW, en la que PI = semicírculo, y la ejecución del programa se detiene, apareciendo un mensaje de error, ''integer out of range'',

cuando intenta dibujar el arco final de Plutón, de acuerdo a la ley de Bode. Como se puede leer en la parte baja de la pantalla la órbita real de Neptuno tiene un valor intermedio entre los de Urano y Neptuno predichas por la la ley de Bode. El estudio de los valores numéricos que se representan confirma esto, como muestra la figura 5.3.

Nota. Este programa, que demuestra la ley de Bode, se refiere a distancias medias del Sol. La mayor parte de las órbitas de los planetas no son perfectamente circulares, sino ligeramente elípticas o, como en el caso de Plutón, acusadamente elíptica, lo que origina que la órbita de éste se introduzca en la de Neptuno. El programa "Órbita de Plutón", que presentamos en este mismo capítulo, explica plenamente esta situación.

```
   9 REM *************************
  10 REM      Ley de Bode
  11 REM *************************
  20 LET x=185: LET y=88
  30 LET z=0: DIM a$(32*11)
  40 PRINT  PAPER 6;a$; PAPER 1;
a$: FLASH 1
  50 PRINT AT 0,1;"Ley de Bode"
  60 PRINT AT 11,1;"Dist. actual
"
  70 FLASH 0: PAPER 6: INK 9
  80 FOR n=1 TO 10
  90 LET bode=z+4
 100 READ p$,a
 110 PRINT AT n,0;p$;TAB 8;bode
 120 PRINT AT n+11,0; PAPER 1;p$
;TAB 8;a
 129 REM *************************
 130 PLOT x-a/6,y
 140 DRAW a/3,0,PI
 150 PLOT x-z/6,y
 160 DRAW z/3,0,-PI
 161 REM *************************
 170 LET z=z+z
 180 IF n=1 THEN  LET z=3
 190 NEXT n: STOP
 199 REM *************************
 200 DATA "Mercurio",3.9,"Venus"
,7.2,"Tierra",10,"Marte",15.2,"C
eres",26.5,"Jupiter",52,"Saturno
",95.4,"Urano",192,"Neptuno",301
```

```
,"Pluton",395
9900 REM ************************
9990 SAVE "Bode"
```

"Órbitas de Kepler"

Entre 1609 y 1618, Johannes Kepler estableció que el movimiento de los planetas y, de hecho, de todos los cuerpos del universo que giren en torno a otros, se ajusta a tres leyes:

1) La órbita del planeta es una elipse, en uno de cuyos focos se encuentra el Sol.
2) El planeta se desplaza a lo largo de su órbita a una velocidad tal, que su radio vector (línea que une el centro del planeta con el del Sol) barre una misma área en un mismo período de tiempo (véanse figuras 5.4 y 5.5).

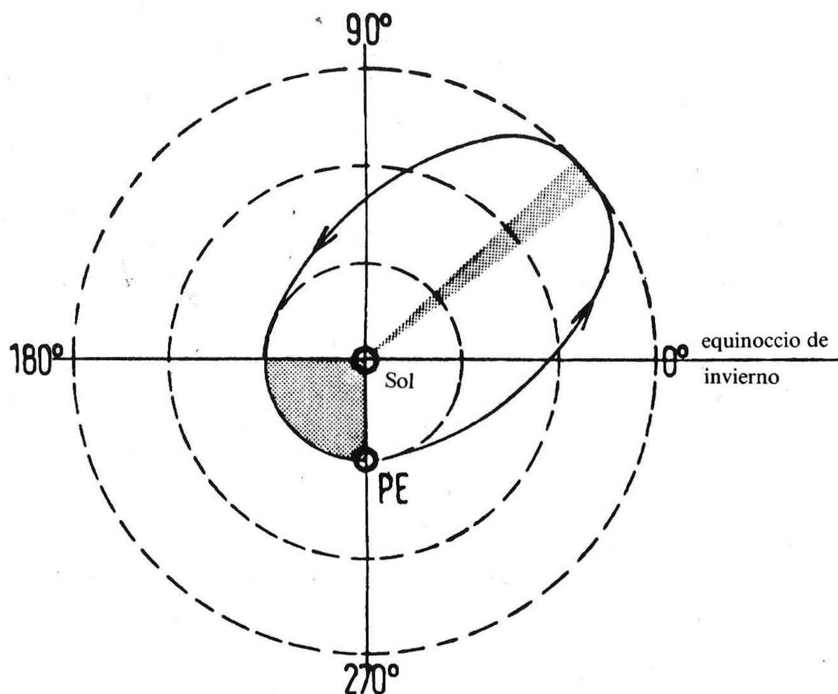


Figura 5.4. Primera y segunda leyes del movimiento de los planetas de Kepler. Un planeta (PE) representados con una órbita altamente elíptica para mayor claridad, barre un área idéntica (sombreada) en un mismo período de tiempo, ya que su velocidad se modifica constantemente, de acuerdo a la distancia que le separe del Sol en cada momento.

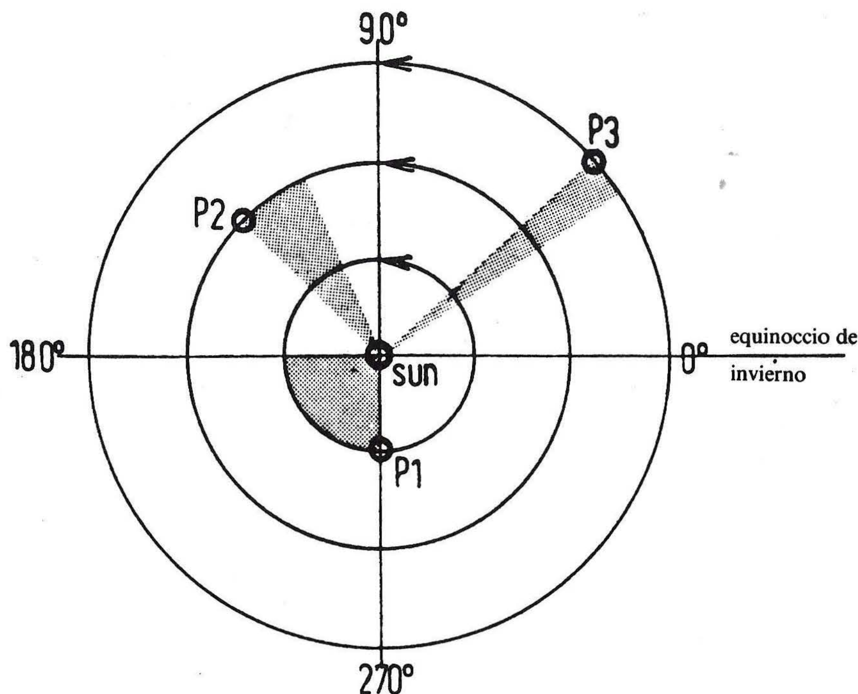


Figura 5.5. Tercera ley del movimiento de los planetas de Kepler. El área barrida por diferentes planetas (sombreado), en un intervalo igual de tiempo, es proporcional al radio de su órbita. En el sistema solar simplificado de la figura, en el que las órbitas están espaciadas regularmente, vemos que cuando el planeta P1 ha barrido un cuadrante completo, P2 ha cubierto sólo un 0,35 ($1/\sqrt{2^3}$) del cuadrante y P3 un 0,19 ($1/\sqrt{3^3}$) del cuadrante.

3) El cuadrado del período orbitral y el cubo de la distancia media al Sol son proporcionales.

El siguiente programa demuestra las dos primeras leyes del Movimiento planetario de Kepler, señalando el espaciamiento entre las posiciones individuales trazadas en un período de tiempo idéntico.

El punto que representa al planeta que recorre su órbita, "acelera" su marcha, en comparación con los valores de su velocidad inicial que se han introducido, cuando pasa por las cercanías del Sol (que se representa mediante un pequeño círculo en el centro de la pantalla), particularmente cuando la órbita adquiere una forma elíptica más acusada (cuando su excentricidad es mayor). Véase figura 5.6.

Los valores introducidos son completamente arbitrarios. Cuanto mayor es un valor, más circular es la órbita, y cuanto menor sea, más excéntrica será la órbita y más cerca pasará el planeta del Sol. La posición trazada en primer lugar señala el punto de afelio, es decir, el más lejano al Sol de toda la órbita. El punto de la órbita más cercano al Sol se llama perihelio.

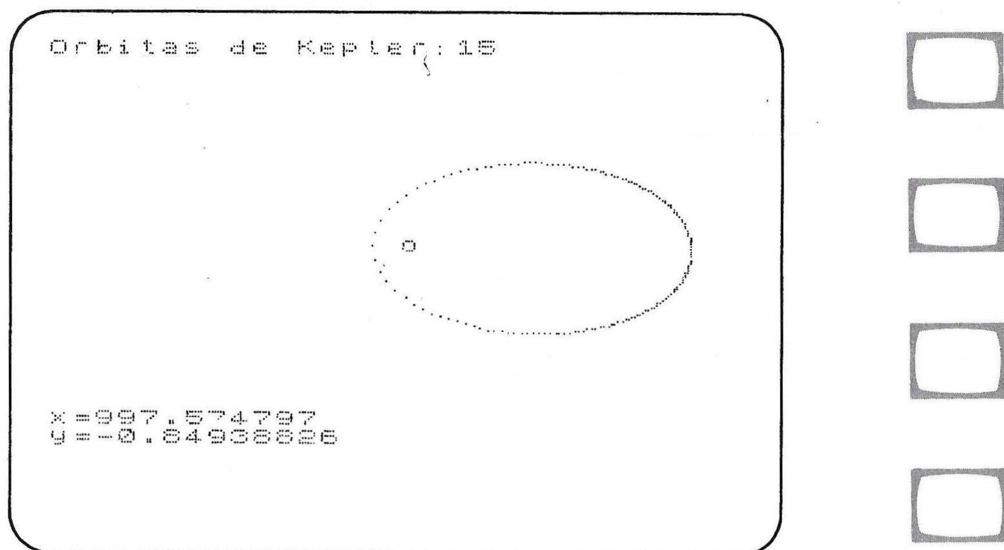


Figura 5.6. Órbita elíptica producida por valores pequeños de velocidad.

Cuando se introduce un dato > 12 comienzan a ocurrir, en los resultados trazados, cosas extrañas que no tienen nada que ver con las leyes de Kepler, sino con los defectos del programa, y que se han mantenido deliberadamente para demostrar tres efectos que experimenta todo cuerpo que gira en torno a, o que pasa cerca de un planeta de mayor masa.

Una entrada igual a 12 originará la rotación de toda la órbita, de manera que la posición de afelio (y también la de perihelio, aunque esta afirmación no es obvia) girará en el sentido de las agujas de un reloj. Este efecto imita la rotación orbital de cualquier planeta, aunque, incluso en el caso de Mercurio, el planeta más cercano al Sol, y el que gira a mayor velocidad, sólo puede detectarse a lo largo de cientos de recorridos orbitales completos (véase figura 5.7).

Una entrada igual a 10 provocará la captura del cuerpo por una órbita menor y más rápida. De aquí la creencia de que muchos cometas han quedado cautivos en órbitas menores al pasar lo bastante cerca, para que el fenómeno se produzca, del planeta Júpiter, cuya masa es muy grande y, en menor grado, de Saturno. Obviamente, esto supone la existencia de un tercer cuerpo, que no se contiene en nuestro programa, aunque sigue siendo interesante que demostremos un efecto de esta clase (véase figura 5.8).

Una entrada igual o menor que 7, hará que el planeta pase tan cerca del Sol que sea expelido del sistema solar, mediante lo que se ha dado en llamar "efecto-honda". Esto, de haber ocurrido, habría contecido hace billones de años. En la actualidad no hay sitio para ningún planeta rebelde, con lo que ninguno de ellos está expuesto a esta ignominiosa expulsión. Los científicos se sirven de este efecto para enviar ingenios es-



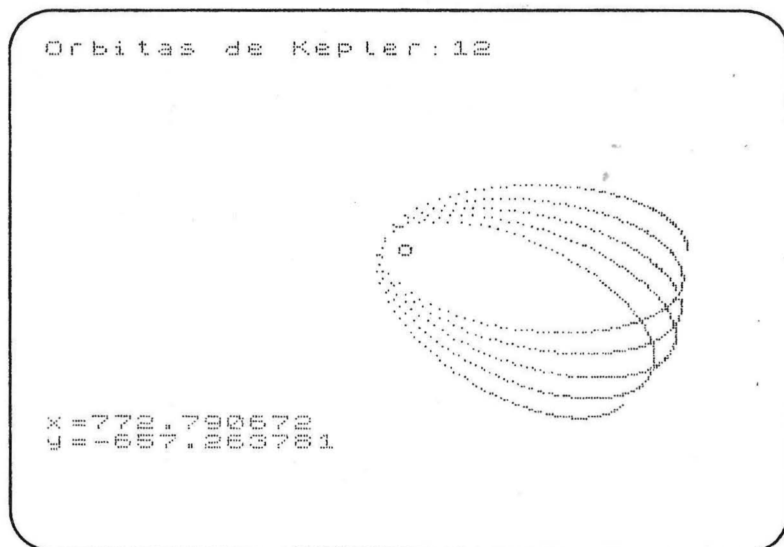


Figura 5.7. Un valor de 12 produce la rotación de la órbita, con lo que el afelio se desplaza en sentido horario.

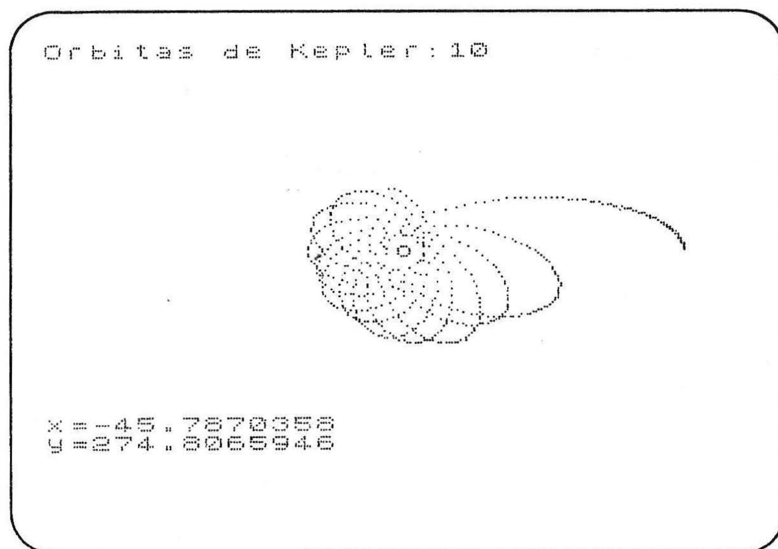


Figura 5.8. Una velocidad excesivamente baja producirá la caída del objeto a otra órbitra más rápida y pequeña.

paciales de un planeta al más cercano a él, en una especie de partida de billar espacial, aprovechándose un poco del campo gravitatorio del planeta anfitrión para proporcionar al ingenio altísimas velocidades, imposibles de alcanzar mediante la energía que impulsa a los cohetes lanzados desde la Tierra.

Explicación

¿Por qué produce tales efectos este programa? Simplemente porque no calcula con suficiente precisión la posición del planeta cuando se encuentra cercano al Sol, y los minutos que sobran, a causa del error, se suman al proceso siguiente, lo que produce la representación de estos efectos. La situación empeora, ya que en el perihelio, las coordenadas, verticales, al trazarse, pasan a tomar valores de positivos a negativos. Considerándolo todo, estamos ante un caso típico de la obtención de un buen resultado a partir de premisas potencialmente incorrectas, incluso aunque no seamos buenos matemáticos.

Modificación del programa

Una vez que hayas hecho que el ordenador procese el programa varias veces, trata de modificar algunas variables, de una en una. La variable a modificar más importante es la que controla los intervalos de paso (STEP) en el bucle FOR/NEXT para procesar el programa. Si se hace menor, el trazado de la órbita será más preciso, particularmente en la posición de perihelio. En cambio, el trazado se hará con una increíble lentitud cuando el planeta está cerca del afelio. Dejo a tu elección el valor de la modificación.

Este programa se utiliza varias veces, en distintas partes de esta obra, generalmente con modificaciones de cara a un propósito particular.

```
  9 REM ************************
 10 PRINT "Orbitas de Kepler:";
 11 REM ************************
 30 INPUT "velocidad(5 a 30)";w
 40 PRINT w: CIRCLE 128,85,2
 50 LET h=.5: LET g=1000000
 60 LET x=g/1000: LET y=0
 70 LET i=h/4: LET v=0
 80 LET r=x: LET s=y
 90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
100 GO SUB 200
110 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
120 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
```

```
 130 GO SUB 300
 140 FOR t=0 TO 400 STEP h
 150 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
 160 GO SUB 200
 170 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
 180 GO SUB 300: NEXT t: STOP
 200 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
 220 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
 240 LET c=a*y/d: RETURN
 300 PLOT x/10+128,y/10+85
 305 PRINT AT 20,0;"x=";x'"y=";y
 310 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "kepler"
```

Focos de la órbita

En el programa anterior, sobre las órbitas de Kepler, dijimos que el Sol ocupaba uno de los focos de la elipse orbital. ¿Cuál es el otro foco, o foco "vacío", como se le llama? Simplemente, está a la misma distancia del afelio (punto de la órbita más lejano al Sol) que el Sol del perihelio (punto de la órbita más cercano al Sol).

Si has introducido ya el programa de las órbitas de Kepler, sólo necesitas efectuar una pequeña modificación en la línea 300 del programa. Esta versión hará que aparezca la posición del segundo foco (foco orbital vacío) una vez que se haya trazado la mitad de la órbita y se conozca la posición del perihelio (Fig. 5.9).

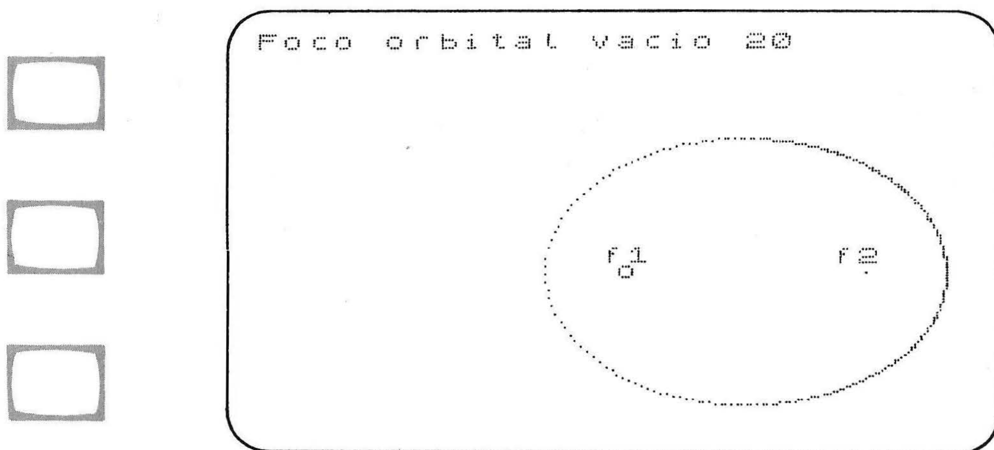


Figura 5.9. Localización del segundo foco (foco orbital vacío) de la órbita elíptica de un cuerpo celeste a partir de su velocidad.

Este programa es importante para demostrar que, mediante él, el Spectrum traza una órbita elíptica auténtica. Los resultados se pueden calibrar mediante un test sencillo. Haz que el ordenador ejecute el programa y mide, bien en la pantalla del televisor o en una copia en papel si dispones de una impresora ZX, la longitud del triángulo que forman los dos focos de la órbita con un punto cualquiera de la misma, que es idéntica para cualquier punto de la órbita que se aleja.

Este procedimiento es idéntico, aunque inverso, al que utilizan los jardineros para trazar un parterre perfectamente ovalado. Ellos utilizan dos estacas (los focos de nuestra elipse) a las que atan una cuerda y, tensándola (con lo que forman un triángulo como el nuestro), trazan el óvalo. Es obvio que la longitud de la cuerda es constante, como deberían serlo tus medidas.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Foco orbital vacio";
  11 REM ************************
  30 INPUT "velocidad(13 - 30)";
w
  40 PRINT " ";w;AT 10,15;"f1":
CIRCLE 128,85,2
  49 REM ************************
  50 LET h=.4: LET g=1000000
  60 LET x=g/1000: LET y=0
  70 LET i=h/4: LET v=0
  80 LET r=x: LET s=y: LET z=0
  90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
 100 GO SUB 200
 110 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
 120 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
 130 GO SUB 300
 140 FOR t=0 TO w*7 STEP h
 150 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
 160 GO SUB 200
 170 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
 180 GO SUB 300: NEXT t: STOP
 200 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
 220 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
 240 LET c=a*y/d: RETURN
 300 PLOT x/10+128,y/10+85
 304 REM ************************
 305 REM   dibuja el foco f2
 306 REM ************************
 310 IF x<0 AND y>=-50 AND x>z T
HEN  PLOT 228+x/10,85: PRINT AT
```

```
10, (228+x/10)/8-1; "f2"
 320 LET z=x
 330 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Foco2"
```

"Órbita de un cometa"

Este programa es la segunda variación del de las "Órbitas de Kepler". Ahora nos ocupamos de órbitas muy excéntricas que generalmente se atribuyen a cometas y cadenas de meteoritos. Se reconoce generalmente que los meteoritos que aparecen con regularidad (a modo de estrellas fugaces en la atmósfera de la Tierra), como la lluvia de meteoritos "Perseida" que aparece anualmente en agosto, son restos de cometas esparcidos a lo largo de sus órbitas.

El programa permite introducir valores desde 0,5 (una órbita altamente excéntrica, esencialmente dos líneas paralelas) a 17 (un óvalo completo), que ocupa toda la pantalla del Spectrum (véase la figura 5.10). Para evitar que se cometan errores (que pueden ser interesantes) al calcular la posición de un cometa cercano al Sol, se traza sólo media órbita. La otra media es simple reflejo de la superior. Las líneas 200 y 210 hacen que se representen sus respectivas mitades. La ejecución del programa se detiene cuando "y" toma valores negativos (una vez que se ha calculado la mitad de la órbita).

El programa demuestra con gran efectividad la segunda ley de Kepler sobre el movimiento orbital de los planetas (véase el programa de órbitas keplerianas), en el modo en que un cometa está la mayor parte del tiempo moviéndose muy despacio mientras se halla distante al Sol y sólo "estalla" su actividad en el llamado "corredor perihelio".

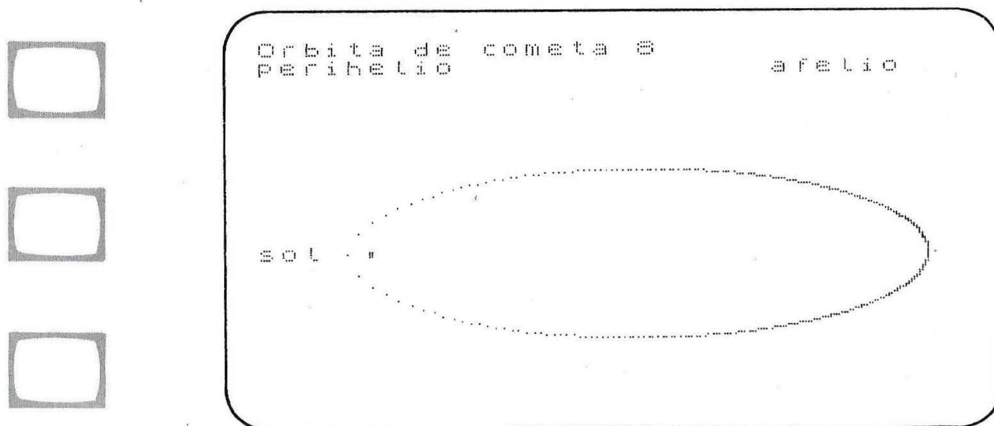


Figura 5.10. Órbita dibujada por el programa "Órbita de cometas".

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Orbita de cometa ";
  11 REM ************************
  30 INPUT "valor(.5 a 17)";w
  35 PRINT w' PAPER 5; INK 0;"pe
rihelio                    afelio"
  40 PRINT AT 11,0;"sol": CIRCLE
 40,83,1
  49 REM ************************
  50 LET h=.2: LET g=1e6
  60 LET x=g/1e3: LET y=0
  70 LET i=h/4: LET v=0
  80 LET r=x: LET s=y: LET z=0
  90 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
 100 GO SUB 160
 109 REM ************************
 110 FOR t=0 TO 300
 120 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
 130 GO SUB 160
 140 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
 150 GO SUB 190: NEXT t: STOP
 160 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
 170 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
 180 LET c=a*y/d: RETURN
 190 IF y<0 THEN  STOP
 199 REM ************************
 200 PLOT 40+x/5,y/5+83
 210 PLOT 40+x/5,-y/5+83
 211 REM ************************
 220 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Orbitacom"
```

El cometa Halley

Edmund Halley (1656-1742) no descubrió este cometa, pero fue el primero en constatar que los datos de las órbitas de los brillantes cometas observados en 1531, 1607 y 1682 eran prácticamente idénticos y que se trataba de un mismo objeto que reaparecía en el cielo cada 75 años, aproximadamente.

Actualmente, se puede seguir la pista al cometa Halley hasta el año 611 antes de Cristo, mediante los registros chinos, pero la referencia más famosa de todas en la historia europea es, quizá, su descripción en el Bayeux Tapestry de 1066, donde figu-

ra con la inscripción de INTIMIRANT STELLA. Desde el reinado de Harold de Inglaterra se han registrado todas las apariciones del cometa, algo inusual si tenemos en cuenta que la vida de los cometas se mide más en centenares que en miles de años.

El programa

Este programa describe una órbita completa del cometa Halley, a partir de 1948, año en el que el cometa comenzó su viaje actual hacia la Tierra y el Sol, desde más allá de la órbita de Neptuno. El cometa regresará a su posición de afelio en torno al año 2023. Pasará por el perihelio el 10 de febrero de 1986, punto donde el programa hace una corta pausa (véase la figura 5.11). El cometa se podrá contemplar con unos simples prismáticos, debajo de las Pléyades, a mediados de noviembre de 1985.

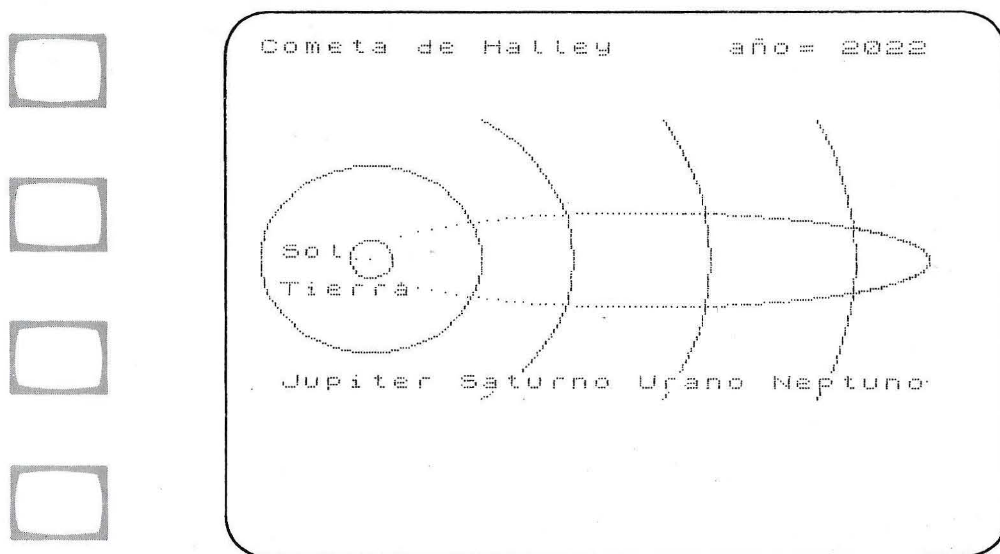


Figura 5.11. Trayectoria del cometa Halley en un período de 75 años. La posición más cercana al Sol será en febrero de 1986.

Este programa es una variación del programa "Orbita de un cometa", pero opera con una órbita específica producida por la línea LETw=4.5. También se calcula y trata aquí sólo una mitad de las órbitas —el viaje hacia nosotros—, pero cada posición de coordenadas "x" e "y" es introducida mediante dos tablas de variables de cadena x(t) e y(t), las cuales se utilizan luego en un segundo bucle FOR/NEXT para trazar el viaje de regreso del cometa a la profundidad de los espacio estelares.

Para conseguir que el trazado se realice a la misma velocidad que en el primer bucle, hay que añadir la instrucción PAUSE a este segundo bucle FOR/NEXT. Esto pone de manifiesto la rapidez con que el Spectrum puede dibujar puntos una vez que

se ha calculado y guardado en una tabla la posición actual. Véase lo que sucede cuando se pulsa una tecla cualquiera para cancelar la instrucción PAUSE.

Imagen de la pantalla

En la parte superior de la pantalla se anota el año en curso. Para mayor claridad, el cometa se traza en un punto de color diferente para el viaje de ida y el de vuelta (BORDER 0: PAPER 0: INK 9).

```
   9 REM ************************
  10 REM    Cometa de Halley
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f: REM e e
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  20 BORDER 0: PAPER 0: INK 7: C
LS : PAPER 5: INK 9
  30 PRINT "Cometa de Halley
 a o=      "; FLASH 1;" "
  40 PAPER 1
  50 PRINT AT 11,1;"Sol"
  60 PLOT 40,80: GO SUB 390
  70 PAPER 5
  74 REM ************************
  75 REM          variables
  76 REM ************************
  80 LET w=4.5
  90 DIM x(170): DIM y(170)
 100 LET h=.212: LET g=1e6
 110 LET x=g/1e3: LET y=0
 120 LET i=h/4: LET v=0
 130 LET r=x: LET s=y: LET z=0
 140 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
 150 GO SUB 230
 154 REM ************************
 155 REM     bucle principal
 156 REM ************************
 160 FOR t=1 TO 170
 170 LET yr=1948+INT (t/4.5)
 180 PRINT AT 0,26;yr
 190 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
```

```
 200 GO SUB 230
 210 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
 220 GO SUB 260: NEXT t: STOP
 230 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
 240 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
 250 LET c=a*y/d: RETURN
 260 PLOT  INK 4;40+x/5,y/5+80
 270 LET x(t)=x/5: LET y(t)=y/5
 280 IF y<0 THEN  GO TO 300
 290 RETURN
 299 REM ************************
 300 PLOT  OVER 1;40+x/5,y/5+80
 301 REM ************************
 310 PRINT #0; FLASH 1;" Cometa
en perihelio "
 320 PAUSE 300: INPUT ""
 324 REM ************************
 325 REM   retorno al espacio
 326 REM ************************
 330 FOR t=169 TO 1 STEP -1
 340 LET yr=2023+INT (-t/4.5)
 350 PRINT AT 0,26;yr
 360 PLOT  INK 6;40+x(t),-y(t)+8
0
 370 PAUSE 10: NEXT t: STOP
 379 REM ************************
 380 REM pantalla inicial/orbita
 381 REM ************************
 390 CIRCLE 40,80,8
 400 CIRCLE 40,80,40
 410 FOR n=1 TO 3: READ a,b: PLO
T 40+a,20: DRAW 0,120,b: NEXT n
 411 REM ************************
 420 PRINT AT 13,1;"Tierra"
 430 PRINT AT 18,1;"Jupiter Satu
rno Urano Neptuno": RETURN
 440 DATA 40,2,105,1.1,160,.9
9900 REM ************************
9990 SAVE "Halley"
```

Órbita de Plutón

El 21 de enero de 1979, Plutón renunció, en favor de Neptuno, al dudoso honor de ser el planeta más lejano al Sol, al cruzar, hacia el interior, la órbita de Neptuno. En marzo de 1999, recuperará el título al cruzar de nuevo, esta vez hacia afuera, la órbita del otro planeta.

No es probable que se produzca una colisión entre los dos planetas, porque la órbita de Plutón está inclinada 17° respecto al plano general de los planetas, incluido Neptuno. Durante este período de 20 años, Plutón pasará a 10 UA (10 Unidades Astronómicas = 10 × distancia de la Tierra al Sol) sobre la órbita de Neptuno, un espacio casi lo suficientemente grande como para contener la órbita completa del planeta gigante Júpiter. Los planetas Neptuno y Plutón están suficientemente separados entre sí. La última vez que Neptuno sobrepasó a Plutón fue en los años 1890, cuando ambos se movían pesadamente a lo largo de sus órbitas, en períodos de 165 y 248 años, respectivamente.

Representación de la pantalla

El programa siguiente traza, a escala, la posiciones relativas de Neptuno y Plutón desde los años 1880 al 2128, período en que Plutón recorre su órbita. Se ha trazado un plano y una sección de las órbitas superpuestas, con un pequeño círculo relampagueante en el centro, que representa la órbita de la tierra (en cuyo centro está, naturalmente, el Sol). Los años transcurridos se registran en la parte superior derecha de la pantalla y Plutón se ha trazado con un punto verde (con un tono más oscuro en monocromía), sobre un fondo negro (PAPER 0: BORDER 0:), a fin de que la imagen sea más clara.

El proceso de representación hace una breve pausa para imprimir seis observaciones significativas, sobre datos específicos concernientes al progreso de los dos planetas.

Órbita elíptica de Plutón

Como la órbita de Neptuno es la excentricidad más baja de todos los planetas, de manera que constituye un círculo casi perfecto, los requerimientos de su programa son mínimos: su órbita se calcula y traza sólo mediante la línea 340, en la que se utiliza la variable "f" para incrementar la posición trazada (PLOT).

En cambio, para calcular la órbita elíptica de Plutón, que es la más excéntrica de los planetas mayores, con un valor de 0,25, se utiliza la mayor parte del programa desde la línea 110. Plutón se mueve más rápidamente cuando está más cercano al Sol (espaciando más las posiciones trazadas), pero como esta representación se realiza a escala y solapa la órbita de Neptuno, puede ser que no resalte lo suficiente.

Las líneas 300 y 310, mediante cuyas instrucciones se traza el avance de Plutón a

lo largo de su órbita, son casi idénticas, pues sólo difieren en la expresión al final de la línea, que en la 310 es:

"... y/200 + 10"

donde /200 comprime efectivamente el eje "y" (vertical) 200 veces, de manera que la segunda elipse orbital que se traza queda reducida a una representación casi de canto, en la parte inferior de la pantalla.

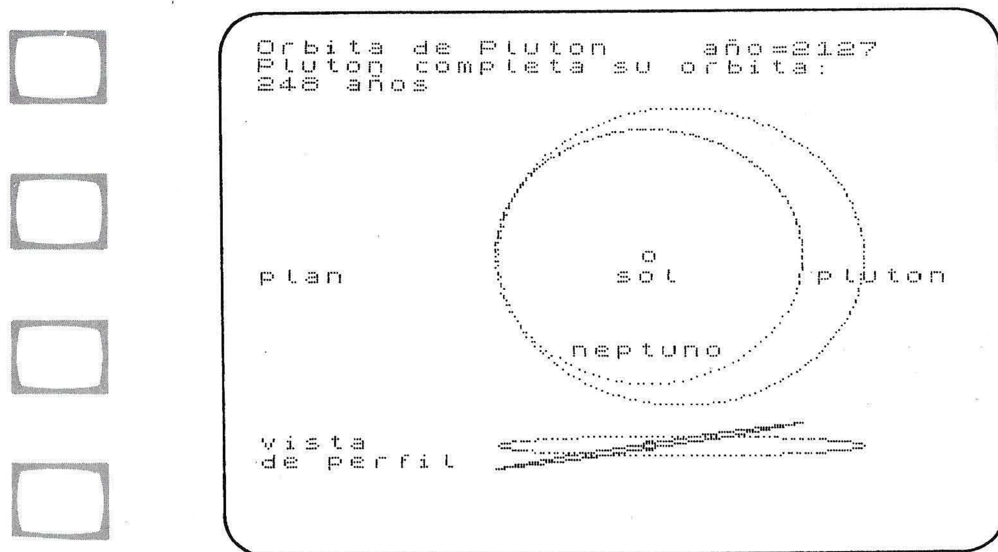


Figura 5.12. Órbitas de Plutón y Neptuno desde dos puntos de vista.

Experimentos con la representación de Plutón

Una vez que hayas procesado varias veces el programa, utilizando la copia de la pantalla (Fig. 5.12) para comprobar que funciona correctamente, salvaguárdalo en una cinta. Trata ahora de cambiar algunas variables para ver el efecto que se produce. Estas enmiendas alterarán invariablemente la precisión de la representación. De ahí que primero haya de salvaguardarse el programa.

Para conseguir el efecto descrito, pueden examinarse las siguientes variables:

"xx" coordenadas "x" (horizontal) del Sol
"yy" coordenadas "y" (vertical) del Sol
"f" posición y pasos incrementados para trazar Neptuno (líneas 110 y 340)

"h" valor STEP para el bucle principal FOR/NEXT
"t" bucle principal FOR/NEXT comenzando con un valor 0 (comienzo 3 horas)
"w" excentricidad relativa de la órbita de Plutón.

Los valores 13 (líneas 300 y 310) y 55 (línea 340) controlan el radio de cada una de las órbitas de los planetas.

```
   9 REM ************************
  10 REM      Orbita de Pluton
  11 REM ************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f: REM e e
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  20 LET t=0: BORDER 0: PAPER 0:
 INK 7: CLS : GO SUB 400
  30 PRINT  INK 5;"Orbita de Plu
ton"
  40 PRINT AT 11,0;"plan";TAB 16
;"sol";TAB 25; INK 5;"pluton"
  50 PRINT AT 15,14;"neptuno"
  60 PRINT ''''"vista"'"de perfi
l"
  70 LET xx=140: LET yy=92
  80 PLOT xx-55,0: DRAW 110,20,.
1: DRAW -110,-20,.1
  84 REM ************************
  85 REM   orbita terrestre
  89 REM ************************
  90 CIRCLE  FLASH 1;xx,yy,2
 100 CIRCLE  FLASH 1;xx,10,2
 101 REM ************************
 105 REM orbita elipt. de Pluton
 109 REM ************************
 110 LET f=12.3: LET w=28.7
 120 LET h=.8: LET g=1e6
 130 LET x=g/1000: LET y=0
 140 LET i=h/4: LET v=0
 150 LET r=x: LET s=y
 160 LET x=x+i*v: LET y=y+i*w
 170 GO SUB 260
 180 LET x=r: LET y=s: LET o=h/2
 190 LET v=v+o*b: LET w=w+o*c
```

```
 200 GO SUB 300
 210 FOR t=0 TO 155 STEP h
 220 LET x=x+h*v: LET y=y+h*w
 230 GO SUB 260
 240 LET v=v+h*b: LET w=w+h*c
 250 GO SUB 300: NEXT t: STOP
 260 LET e=x*x+y*y: LET d=SQR e
 270 LET a=-g/e: LET b=a*x/d
 280 LET c=a*y/d: RETURN
 289 REM ************************
 290 REM dibuja orbita de Pluton
 291 REM ************************
 300 PLOT  INK 4;x/13+xx,y/13+yy
 310 PLOT  INK 4;x/13+xx,y/200+1
0
 320 LET tt=1880+INT (t*1.6): PR
INT AT 0,20;"a o=";tt
 329 REM ************************
 330 REM dibuja orbita Neptuno
 331 REM ************************
 340 PLOT  BRIGHT 1;xx+COS f*55,
yy+SIN f*55: LET f=f+.05
 349 REM ************************
 350 REM      gosub comentarios
 351 REM ************************
 360 IF tt=1888 OR tt=1929 OR tt
=1979 OR tt=1999 OR tt=2040 OR t
t=2127 THEN  GO SUB 500
 370 RETURN
 399 REM ************************
 400 REM   literales de coment.
 401 REM ************************
 410 LET b$="1889-Neptuno 'ocult
a' Pluton"
 420 LET c$="1930-Pluton descubi
erto"
 430 LET d$="Pluton en la orbita
 de Neptuno  Ene 1979"
 440 LET e$="Pluton deja la orb.
 de Neptuno  Mar 1999"
 450 LET f$="Neptuno completa su
 orbita:      164 a os"
 460 LET g$="Pluton completa su
```

```
orbita:        248 a os"
 470 DIM a$(40): RETURN
 489 REM ************************
 490 REM coment. condicionales
 491 REM ************************
 500 PRINT BRIGHT 1;AT 1,0;(b$
AND tt=1888)+(c$ AND tt=1929)+(d
$ AND tt=1979)+(e$ AND tt=1999)+
(f$ AND tt=2040)+(g$ AND tt=2127
)
 510 PAUSE 250: PRINT AT 1,0;a$:
 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Pluton"
```

Vértice solar (Apex)

Aunque te encuentres sentado tranquilamente ante tu Spectrum, tanto tú como la habitación os estaréis moviendo rápidamente por el universo, no en una dirección dada, constantemente, sino en una serie compleja de curvas y espirales. Estas series serían:

1) Rotación en torno al eje de la Tierra.
2) Rotación de la Tierra en torno al eje Tierra/Luna.
3) Rotación de la Tierra en torno al Sol.
4) Rotación del Sol en torno a la galaxia.
5) Rotación de la galaxia en torno al Grupo Local de Galaxias (GLG).
6) Rotación del GLG en torno al Cúmulo de Galaxias Virgo (CGV).
7) Rotación del CGV en torno al universo.

La mayor parte de los astrónomos y cosmólogos teorizan de este modo, pero las categorías 5 y 6 constituyen una pura especulación y la 7 es imposible, de acuerdo con las teorías de la creación universal aceptadas normalmente, que se ajustan a la idea de un Big Bang, a partir del cual todos los grupos de galaxias continúan alejándose. Por supuesto, si el universo es "cerrado" y las galaxias acaban por detenerse, es probable que su movimiento se invierta y regresen al punto en que se produjo el Big Bang: ello significaría que las galaxias están en órbita en torno a este punto, incluso si su movimiento fuese de ida y vuelta, a lo largo de una línea recta (una órbita como máximo solamente). ¡Sería el caso de un proyectil que retorna a la boca del cañón que lo ha disparado!

El programa siguiente, que es menos complicado, combina las categorías 3 y 4 en orden a mostrar el movimiento serpenteante de un planeta hacia un punto del firmamento llamado Apex (vértice) solar, cercano a la estrella Vega. Ésta es la dirección en

que se mueve el Sol, en el espacio, al recorrer su órbita en torno a nuestra galaxia, a una velocidad de 275 km/s.

La línea recta trazada en la pantalla representa el movimiento del Sol, y la helicoidal, el del planeta, a cuya órbita ha de proporcionarse un cierto ángulo de inclinación para conseguir el efecto.

Las hélices trazadas tienen una moderada calidad tridimensional, como puede verse en el típico ejemplo de la figura 5.13.

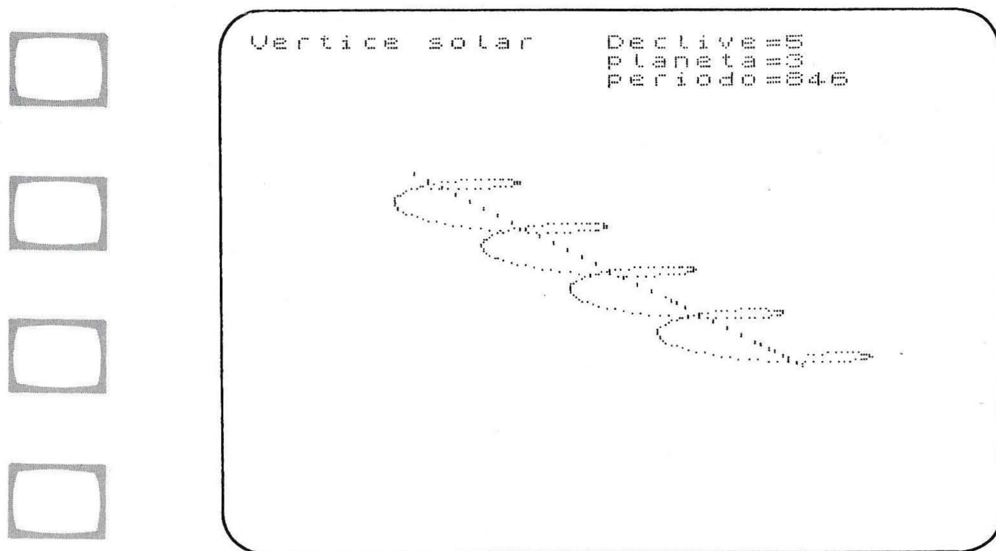


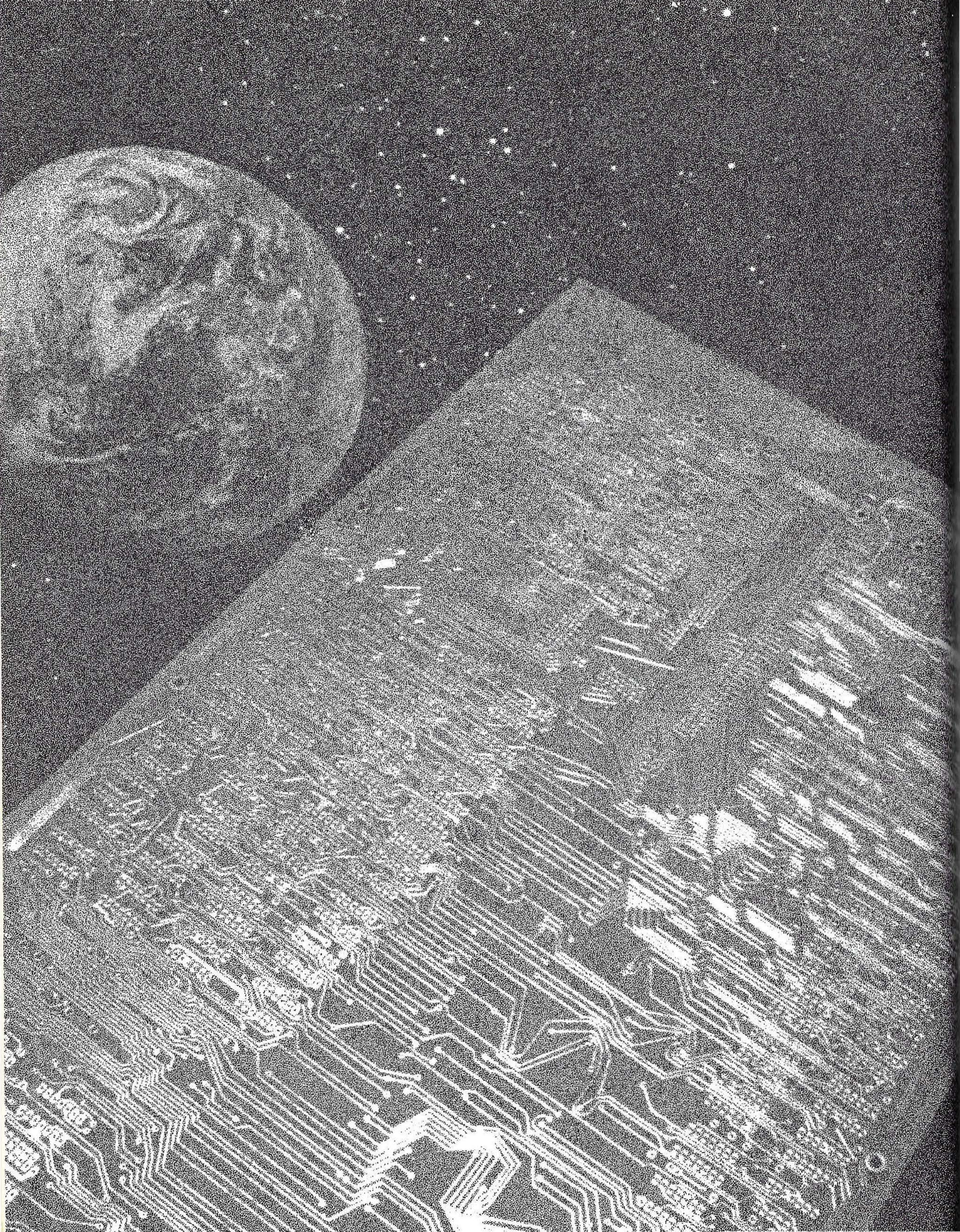
Figura 5.13. Simulación del movimiento de un planeta a través del espacio.

Las dos instrucciones INPUT controlan la inclinación de la órbita, 1 para la visión casi de canto y 10 para una visión plana, mientras que la entrada (INPUT) "planeta" controla el radio de la órbita. El período que se representa es totalmente arbitrario y se controla mediante el radio de la órbita, lo cual indica que la hélice será más fina y se trazará en un período de tiempo más corto cuanto menor sea la órbita.

```
 5 BORDER 0: PAPER 0: INK 9
 9 REM ************************
10 CLS : PRINT "Vertice solar"

11 REM ************************
15 PRINT "Declive=";
20 INPUT "1 a 10",z: PRINT z
25 PRINT ,"planeta=";
30 INPUT "1 - 5",d: PRINT d',"
```

```
periodo=";: LET d=d*10: LET x=10
0
  40 FOR f=0 TO PI*9 STEP .1
  45 PRINT AT 2,24;INT (d*f)
  50 LET a=x-f*5+x: LET b=f*3+d
  60 PLOT  INK 6; OVER 1;a,b
  70 PLOT  INK 4;a+SIN f*d,b+COS
 f*d/z
  80 NEXT f: STOP
9900 REM ***********************
9990 SAVE "Vertice"
```



Capítulo 6

Los planetas

El hombre reconoció en el cielo, desde la Antigüedad, cinco planetas o cuerpos errantes: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, y atribuyó a cada uno de ellos alguna característica, admirable o temible, de la naturaleza humana. Así, dio al planeta rojo, Marte, el nombre del dios de la guerra. En un nivel más práctico, los hombres sospecharon probablemente que esos mundos eran iguales al suyo, aunque estaban demasiado lejanos para que se les pudiera contemplar con claridad. En 1609, Galileo, que fue el primero que utilizó un telescopio para realizar observaciones astronómicas, confirmó estas suposiciones. Actualmente hay en la superficie de Marte cámaras de televisión en color controladas remotamente por un ordenador, que se encuentra en la Tierra, a 200 millones de kilómetros de distancia. Tal es el avance de la ciencia.

Los planetas continúan siendo objetos fascinantes de la familia solar, aunque sabemos que los ambientes planetarios son más hostiles a la naturaleza humana de lo que hubieran podido imaginar nuestros antepasados.

Los programas que presentamos a continuación tienen varias finalidades, desde simular una escena sobre la superficie de Marte, a calcular las posiciones precisas de nuestro firmamento en que se pueden encontrar los planetas. Desde la utilización del Spectrum para acciones del dibujo asistido por ordenador (CAD, Computer Aided Design), hasta evaluar las imágenes planetarias que se ven a través de un pequeño telescopio.

"Viaje al Sistema Solar"

¿Te imaginas un viaje a otros mundos a través de tu ordenador? Este programa te permite hacer precisamente eso y te capacita para "contemplar" el Sistema Solar como si lo vieras desde los cielos de cualquier planeta (incluida la Tierra), en cualquier fecha. Puedes incluso batir al mítico Ícaro, contemplando a los planetas desde la superficie del Sol, o quizá desde Júpiter, durante una pasada cercana de una nave espacial.

El programa contiene todos los datos necesarios para procesar las posiciones planetarias ("longitud eclíptica"), la constelación en que aparece cada uno de los planetas y la separación angular del Sol ("elongación solar"). Esto se presenta tanto en

forma de tabla como de gráficos —la última como una franja panorámica del cielo, de 360°, cuyo centro es el Sol.

El proceso y la representación se realizan en pocos segundos y se han ralentizado deliberadamente para hacer más asimilable la información. Se ha hecho buen uso del color y la potencialidad gráfica del Spectrum, y se ha incluido una opción para obtener copia de la representación en pantalla, a través de una impresora ZX.

La representación: Mercurio a Neptuno

La representación inicial ofrece una lista de los planetas y dibuja las órbitas a dos escalas. Una, para los "planetas rocosos", como la Tierra, de Mercurio a Marte, y otra, para los remotos "planetas gaseosos gigantes", Júpiter a Neptuno. A pesar de su simplicidad, el programa es suficientemente preciso como para que puedas identificar los planetas como si los vieras desde tu jardín, suponiendo que tu puesto de observación está en la Tierra y que has elegido una noche clara. Un atlas estelar, como el *Norton,* puede ser útil para encontrar las constelaciones.

Los planetas remotos, Neptuno, Urano y Plutón, constituyen otras tantas excepciones, ya que son demasiado mortecinos como para que se les pueda ver sin un telescopio, e incluso entonces no se les puede distinguir de las estrellas. Se ha excluido del programa a Plutón, a causa de que su órbita es altamente elíptica y está inclinada 17° respecto al plano general de los planetas, llamado la eclíptica. Por tanto, se han adoptado órbitas circulares de 0° de inclinación. Mercurio y Marte son los menos precisos, pero sólo si se les considera durante períodos de tiempo largos.

El resultado de un programa de este tipo se denomina "efemérides" y puede que sea interesante discutir los principios en que se funda.

Un plano del Sistema Solar podría compararse con un reloj gigante que tenga ocho manecillas de distinta longitud. El extremo exterior de cada manecilla representa a un planeta principal. Cada manecilla barrerá aproximadamente la misma área (zonas sombreadas de las figuras 5.4 y 5.5 del capítulo anterior), en el mismo intervalo de tiempo. Así, cuanto más lejos está un planeta del Sol, más lentamente se mueve y más distancia ha de recorrer para completar una órbita.

Si conoces la posición de los planetas en una época o fecha de referencia, sólo tienes que dar a las manecillas hacia atrás o hacia adelante para localizar a los planetas en cualquier otra fecha (pasada, presente o futura). Si tu punto de observación es el Sol, cada planeta aparecerá proyectado sobre el fondo de las constelaciones, es decir, signos del zodíaco, en el lugar equivalente a la longitud heliocéntrica (con centro en el Sol) del planeta. Si tu punto de observación es un planeta, el ordenador realizará la triangulación necesaria para deducir las posiciones corregidas. Comprueba los resultados que obtengas con la muestra de la representación en la pantalla de la figura 6.1.

```
 Planeta   long ecl. const  elong
1-Sol  *        40.6    Ari     0
2-Mercur.       42.6    Ari     2
3-Venus         45      Ari     4.4
4-Tier.         34.8    Ari    -5.8
5-Marte         32.5    Ari    -8
6-Jupit.         7.8    Psc    -32.8
7-Satur.  <P. de v.>1984 Jul 12
8-Urano        247.9    Sco   -152.7
9-Neptuno      272      Sgr   -128.6

   constelaciones del zodiaco

i Ur Le CnGe TaAr PiAq CpSa ScLi

              vm             n

              t    j          u

i Ur Le CnGe TaAr PiAq CpSa ScLi
```

Figura 6.1.a) Resultados del programa "Viaje al Sistema Solar".

```
Viaje al sistema solar ©
1-Sol *
2-Mercur.
3-Venus
4-Tier.
5-Marte
6-Jupit.
7-Satur.
8-Urano
9-Neptuno

        mvt  m          j su  n

 planetas rocosos-planet. de gas
```

Figura 6.1.b) Sistema Solar. A la izquierda se representan los planetas rocosos (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) que se representa como centro del sistema de planetas gaseosos a la derecha (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno).

El programa

Las instrucciones REM muestran la estructura general del programa, con los datos manejados a partir de la línea 1000. Este programa se diseñó originalmente para un ZX 81 y todavía tengo tendencia a cortar las matrices para los datos. Asegúrate de que estas matrices se han introducido correctamente, puesto que el menor error producirá resultados equivocados.

```
   9 REM ************************
  10 REM Viaje al Sistema solar
  11 REM ************************
  20 BRIGHT 1: GO SUB 1000
  29 REM ************************
  30 REM    pantalla inicial
  31 REM ************************
  40 LET L=1: CLS : BORDER RND*3
  50 PRINT  PAPER 5;"Viaje al si
stema solar ";CHR$ 127;"
     "
  60 PRINT AT 14,10;"mvt m
j su n";AT 15,9;"*";AT 15,21;"*"
  70 PRINT AT 19,0; PAPER 4;" pl
anetas rocosos "; PAPER 5;"plane
t. de gas"
  80 LET a=0: LET ax=23
  90 FOR n=1 TO 9: BEEP .1,9: IF
 n=6 THEN  PAUSE 50: GO SUB 800:
 PAUSE 50: LET a=96: LET ax=20/1
7
 100 CIRCLE 75+a,51,a(n)*ax
 110 PRINT AT n,0; PAPER 6-(2 AN
D n>1)+(1 AND n>5);y$(n): NEXT n
 120 GO SUB 790
 129 REM ************************
 130 REM selecc. punto de vista
 131 REM ************************
 140 INPUT "No. de planeta",k: I
F k<1 OR k>9 THEN  GO TO 140
 150 BORDER k/2: LET j=k
 160 PRINT  PAPER 1;AT 10,0;b$
 170 PRINT AT 11,0; PAPER 0; INK
 7;"  constelaciones del zodiaco
    "
 180 PLOT 0,40: DRAW  INK 4;255,
0
 189 REM ************************
 190 REM    lee la fecha
 191 REM ************************
 200 INPUT "Fecha(aaaa,mm,dd)";T
AB 6;y;TAB 11;m;TAB 14;d: IF y<1
```

```
00 THEN  LET y=y+1900: IF m>12 O
R d>31 THEN  GO TO 200
 210 LET k$=o$(m*3-2 TO m*3)
 220 PRINT AT k,9; FLASH 1;"<P.
de v.>"; FLASH 0; PAPER 6-(2 AND
 k>1)+(1 AND k>5); INK 9;y;" "+k
$+" ";d;" "+(" " AND d<10)
 230 PRINT  PAPER 5;AT 0,0;" Pla
neta  long ecl. const  elong "
 239 REM ************************
 240 REM  bisiestos/dias
 241 REM ************************
 250 IF y/4=INT (y/4) THEN  LET
L=0
 260 IF m>2 THEN  LET b=(m+1)*30
.6-62-L: GO TO 280
 270 LET b=(m-1)*(63-L)/2
 280 LET dy=INT (b+d)
 290 LET ed=INT ((y-ep)*u+dy+.5)
 300 REM *planeta seleccionado
 310 LET pp=c*(ed/t(j))+l(j)
 320 LET qe=(pp/e-INT (pp/e))*e
 329 REM ************************
 330 REM    bucle principal
 331 REM ************************
 340 FOR n=1 TO 9: IF n=9 AND n=
j THEN  GO TO 710
 350 IF n=j THEN  NEXT n
 360 LET p=c*(ed/t(n))+l(n)
 370 LET q=(p/e-INT (p/e))*e
 380 IF j=1 THEN  GO TO 440
 389 REM ************************
 390 REM   calc. planetas int.
 391 REM ************************
 400 IF a(n)<a(j) THEN  LET el=1
80+qe+r*ATN ((a(n)*SIN ((qe-q)/r
))/(a(j)-a(n)*COS ((qe-q)/r)))
 409 REM ************************
 410 REM   calc. planetas ext.
 411 REM ************************
 420 IF a(n)>a(j) THEN  LET el=q
+r*ATN (SIN ((q-qe)/r))/(a(n)-CO
S ((q-qe)/r))
```

```
430 GO TO 450
440 LET el=q
450 IF el<=0 THEN  LET el=el+e
460 IF el >e THEN  LET el=el-e
470 IF el>e OR el<=0   THEN  GO
TO 450
480 LET el=INT (.5+el*10)/10
489 REM ***********************
490 REM    elongacion solar
491 REM ***********************
500 IF n=1 THEN  LET sun=el
510 IF j=1 THEN  LET sun=0
520 LET b=INT ((el-sun)*10)/10
530 IF b >180 THEN  LET b=b-e
540 IF b<-180 THEN  LET b=b+e
550 IF el>=e THEN  LET el=el-e
560 LET v=1+INT (el/30)
570 PRINT AT n,0;y$(n);
580 PRINT TAB 10;(" " AND el<9)
;(" " AND el<99);el;TAB 19;c$(v*
4-3 TO v*4);
590 PRINT TAB 24;(" " AND b>-10
0);(" " AND b>=0 AND b<10);(" "
AND b>=10 AND b<100);b
599 REM ***********************
600 REM dibuja planetas/zodiaco
601 REM ***********************
610 GO TO (n=1)*620+(n<>1)*650
620 LET w=30-sun/12: IF w>=0 TH
EN  LET w=w+1
630 LET r$=m$(w TO )+m$( TO w)
640 PRINT  INK 7; PAPER 2;AT 13
,0;r$;AT 20,0;r$
650 LET z=0: LET nn=n/2
660 IF nn=INT nn THEN  LET z=3
670 PRINT  INK 7; PAPER 1;AT 15
+z,b/12-16;z$(n)
679 REM ***********************
680 REM dibuja posicion planet.
681 REM ***********************
690 INK 9: PLOT  INT (132-b/1.5
),44-n: DRAW 1,1: DRAW 0,-1
700 BEEP .02,n*3: NEXT n
```

```
 709 REM ************************
 710 REM fin del bucle principal
 711 REM ************************
 720 IF j=1 THEN  PLOT 130,38: D
RAW  INK 6;4,4: GO TO 740
 730 PLOT 132,32: DRAW  INK 6;0,
15
 740 GO SUB 790
 750 PRINT #0;"z para copia, c p
ara continuar": PAUSE 0
 760 IF INKEY$="z" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 750
 769 REM ************************
 770 GO TO 40: REM recomienza
 779 REM ************************
 780 REM       gosub "lineas"
 790 FOR n=175 TO 90 STEP -8: PL
OT 0,n: DRAW 255,0: NEXT n: RETU
RN
 800 CIRCLE 171,51,2: PLOT 171,5
 3: DRAW -90,33: PLOT 171,49: DRA
 W -90,-33: RETURN
  999 REM ************************
 1000 REM     datos y variables
 1001 REM ************************
 1010 DIM a(9): DIM l(9): DIM t(9
 ): DIM y$(9,9): DIM b$(32*10)
 1020 LET u=365.2654
 1030 LET ep=1975: LET e=360
 1040 LET r=180/PI: LET rr=e/PI
 1050 LET c=e/u
 1060 LET F=1e3: LET G=1e4
 1070 LET o$="EneFebMarAbrMayJunJ
 ulAgoSepOctNovDic"
 1079 REM ***codigos de planetas*
 ***
 1080 LET z$="*hvtmjsun"
 1089 REM *****signos zodiaco****
 **
 1090 LET m$=" Le CnGe TaAr PiAq
 CpSa ScLi Vr"
 1100 LET l$="00000032066331097500
 9953424962935521410417320578324 9
```

```
915"
1109 REM ****periodos****
1110 LET t$=".00001.24085.615211
.00001.880911.86229.45884.012164
.79"
1119 REM ***radios orbitales***
1120 LET a$="00000100387100723330
1000001523705202809538819181830O
579"
1130 LET p$="1-Sol *  2-Mercur.3
-Venus  4-Tier.  5-Marte  6-Jupi
t. 7-Satur. 8-Urano  9-Neptuno
"
1140 LET c$="Psc Ari Tau Gem Cnc
 Leo Vir Lib Sco Sgr Cap Aqr "
1145 REM ************************
1147 REM     bucle de datos
1149 REM ************************
1150 FOR n=1 TO 9: LET x=n*6
1160 LET a(n)=VAL a$(x-5 TO x)/G
1170 LET l(n)=VAL l$(x-5 TO x)/F
1180 LET t(n)=VAL t$(x-5 TO x)
1190 LET y$(n)=p$(n*9-8 TO n*9)
1200 NEXT n: RETURN
1209 REM ************************
1210 REM fin subrutina de datos
9900 REM ************************
9990 SAVE "ViajeSS" LINE 20
```

En la representación gráfica, un '*' simboliza al Sol y hemos asignado a Mercurio 'h' (por Hermes, el nombre griego clásico), con el fin de evitar que se confunda con Marte, que es 'm'. La longitud eclíptica proporciona la distancia angular del planeta desde el primer punto de Aries, es decir, 0° (medido en dirección este desde 0 a 360°) y la elongación solar da la distancia angular desde el Sol (es decir, 0°). Un signo negativo indica que el planeta está a la derecha del Sol.

Las líneas 420 y 440 separan a los planetas en dos grupos: los que están más cerca del Sol (planetas interiores) y los que están más lejos (planetas exteriores) del punto de observación elegido, y procesan sus posiciones de acuerdo con ello. Al examinarlo se reparará en que, vistos desde la Tierra, los planetas interiores, Mercurio y Venus, nunca se distancian mucho del Sol, mientras que todos los planetas exteriores pueden encontrarse en cualquier parte a lo largo de la eclíptica. A la inversa, vistos desde Neptuno, *todos* los planetas se convierten en interiores y Mercurio, Venus, Tierra y Marte nunca están a más de una fracción de grado del Sol —¡virtualmente indetectable para un habitante de Neptuno!

Efemérides planetarias

La precisión tiene sus grados. La longitud de un programa más preciso qué el anterior de "Efemérides básicas" puede incrementarse de forma alarmante. Para conseguir que un error de 10' (min) de arco se reduzca a 1' puede que necesitemos un listado tres veces mayor. Ambos grados de precisión emplazarían a un planeta en el mismo campo telescópico de un instrumento para aficionados, aumentándolo, digamos, 50 veces, si se apuntó a las coordenadas celestes correctas. Debería resultar obvio que el objeto es un planeta cuando se puede ver el disco con las posibles excepciones de Urano y Neptuno y, en este último caso, estas "aparentes estrellas" se descubren fácilmente como planetas, ya que si las observamos atentamente durante varias noches, detectaremos su movimiento respecto al fondo estelar. Hay que considerar otro punto más pertinente. En el caso de que se proporcione al ordenador un listado procedente de un libro o una revista, se llegará rápidamente a una situación en que resulta virtualmente imposible evitar errores "mecanográficos" (particularmente cuando se trata de fórmulas complejas). Esta es una razón principal para que los listados de este libro sean relativamente breves.

Ocultaciones

Probablemente, la acción de ocultación (es decir, el paso de la Luna o de un planeta por delante de una estrella) es de las más interesantes que se puede realizar en un proceso de efemérides. Los astrónomos (generalmente profesionales) pueden necesitar procesar las posiciones de cada cuerpo con tal precisión, que deberían también verse obligados a introducir el punto preciso de la superficie de la Tierra desde el que se realiza la observación, con un margen de un metro, como máximo. Obviamente, un programa tal sólo está al alcance de la memoria de un ordenador de propósito general o de un miniordenador, más que de un micro como el Spectrum. La perfección sólo se puede alcanzar a un precio muy alto, tanto en lo que se refiere al ordenador como al nivel de conocimientos matemáticos.

Los usuarios del Spectrum que tengan un "Microdrive" no dudarán en refutar lo que decimos. Buena suerte a él o a ella. Una gran dedicación y disposición de ánimo pueden permitirle ganar la partida.

Elementos orbitales

Veamos los casos y el programa siguiente. ¿Qué precisión tiene y dónde están sus puntos flacos? Primero, efectuemos una comparación con el programa "Viaje al Sistema Solar", que podríamos considerar como relativamente impreciso, con una desviación de sólo un grado, más o menos, de la posición correcta, a causa de que sólo se utilizan para el proceso tres parámetros, que son:

1) período, en años;
2) radio de la órbita en UA (Unidades Astronómicas);
3) posición sobre la órbita en la época determinada (1975.0).

Como ya decidimos previamente, sólo se utilizan órbitas circulares de inclinación 0 respecto a cada una de las otras, lo cual no es precisamente el caso que se da. Para conseguir mayor precisión deben considerarse tres elementos orbitales adicionales:

4) exceptricidad de la órbita;
5) inclinación respecto a la eclíptica (plano orbital de la Tierra);
6) localización del nodo de ascensión (punto en el que una órbita inclinada cruza a la eclíptica en dirección norte).

Para este programa particular, la época de la fecha se ha actualizado a 1980.0 para el punto 3, y se han incluido los puntos 4, 5 y 6.

A efectos de la excentricidad, este programa sólo resuelve el primer término de la ecuación de Kepler, para órbitas elípticas de una excentricidad de alrededor de 0.1. Marte, Mercurio y Plutón, en orden ascendente, tienen valores mayores que éstos y, por ello, sus posiciones calculadas son más imprecisas que las de otros planetas.

Búsqueda de planetas

La intención última de este programa es encontrar los planetas en el cielo, lo que no presenta muchos problemas, salvo en el caso de Plutón. De hecho, Plutón es tan mortecino en términos estelares —magnitud de 14, aproximadamente— que pocos astrónomos aficionados lo han visto o fotografiado. Para contemplarlo directamente, se necesita un telescopio de unos 30 cm de apertura y, para grabarlo en una película fotográfica, otro de 10 cm. Así es de escurridizo este objeto. Sin embargo, mantendremos en el programa a Plutón, porque tiene un interés general, a pesar de que su posición se calcula con un error típico de 1/2 grado. Mediante exposición fotográfica, con una lente telescópica de unos 60 cm de distancia focal y una película de 35 mm, quizá podamos "capturar" a nuestro planeta (seguramente al borde de la imagen) cuando apuntamos a la dirección prevista en el programa. Una razón adicional para el gran error de Plutón es su paso actual por el perihelio, que resalta efectivamente el punto flaco del programa, emplazando al planeta detrás (al oeste) de su verdadera posición.

Perturbaciones

Se ha ignorado en el programa, por razones de brevedad, un factor adicional, llamado perturbaciones planetarias: la influencia gravitatoria de los planetas entre sí,

```
     Efemerides planetario ©
            Fecha=1984 Jul 12
Planeta     Ascension       Declinacion
Mercur.     08h 48m 43s     +19° 25' 24"

Venus       07h 56m 54s     +21° 50' 54"

Mar.        14h 49m 18s     -18° 34' 07"

Jupiter     18h 27m 35s     -23° 15' 11"

Satur.      14h 34m 17s     -12° 36' 05"

Urano       16h 36m 21s     -22° 01' 55"

Neptuno     17h 55m 12s     -22° 12' 48"

Plut.       14h 18m 28s     +04° 01' 09"
```

Figura 6.2. Posiciones de los planetas en el verano de 1984.

```
            Fecha=2000 Ene  1
Planeta     Ascension       Declinacion
Mercur.     18h 04m 43s     -24° 24' 29"

Venus       15h 55m 59s     -18° 15' 44"

Mar.        21h 58m 28s     -13° 31' 07"

Jupiter     01h 34m 15s     +08° 28' 31"

Satur.      02h 34m 10s     +12° 32' 18"

Urano       21h 12m 31s     -16° 50' 08"

Neptuno     20h 18m 11s     -19° 23' 36"

Plut.       16h 32m 36s     -10° 15' 24"
```

Figura 6.3. Posiciones de los planetas el 1 de enero del año 2000.

desplaza a un planeta de su verdadera órbita alrededor del Sol. La inclusión de los principales (y masivos) culpables, Júpiter y Saturno, doblaría la longitud del listado, sin hacer referencia a los siete planetas restantes. A pesar de estas omisiones, se ha mantenido la precisión del programa dentro de unos pocos minutos de AR (tiempo) y Dec (arco), especialmente para los planetas que no sean Mercurio y Plutón.

Ejecución del programa

Una vez que se ha escrito y ejecutado el programa, deberían comprobarse los resultados con la muestra de las representaciones en la pantalla de las figuras 6.2 y 6.3. Éstas deberían corresponderse precisamente con los resultados mostrados. La anotación de la AR y la Dec en s (segundos de tiempo) y '' (segundos de arco), respectivamente, debería considerarse como la "guía de la tarta", puesto que, como he apuntado, el programa no alcanza este nivel de precisión. Sin embargo, no se debe caer en la absurda situación de algunos programas de efemérides, que implican tales niveles de precisión, que requieren que se introduzcan la hora y el minuto del día, además de la fecha, cuando los errores previstos exceden el movimiento de un día del planeta de que se trate respecto al fondo estelar.

Utilización de atlas estelares

Para que tengan utilización práctica, particularmente si no estás familiarizado con el firmamento, deberías trazar las posiciones previstas a partir de un atlas estelar, como el *Norton* o el *Tirion*. El último está impreso a mayor escala, y es más recomendable si se utiliza con un telescopio pequeño.

Para confundir un poco las cosas cada atlas se ha preparado para una época diferente. Esto significa que las cuadrículas de referencia de la AR y la Dec son ligeramente distintas, lo mismo que las posiciones aparentes, una vez trazadas. En la práctica, los errores resultantes del proceso puede que sean mayores que la diferencia de la retícula de referencia entre 1950.0 para *Norton* y 2000.0 para *Tirion,* y las fechas de que se trate.

Investigando en el pasado

Una vez que hayas introducido unos cuantos datos actuales, y quizá los hayas copiado mediante la impresora ZX si tienes esa opción, trata de introducir algunos datos del pasado. La precisión del programa continúa siendo de un grado durante varios siglos. Los principales errores se deben al hecho de que no están permitidos los efectos de las perturbaciones. Si la fecha introducida es anterior al 15 de octubre de 1582,

hay que añadirle diez días, para ponerla en línea con el calendario en curso, el Gregoriano (véase el capítulo 1).

El siguiente ejercicio, relativo a fechas históricas, puede ser interesante. Compáralo con el programa para saber dónde estaban algunos planetas en esas fechas, utilizando un atlas estelar como guía.

Introduce estas fechas:

1610	enero 10	:	Galileo descubre las lunas de Júpiter (fecha aproximada).
1610	febrero 8	:	Urano, desconocido en el campo estelar de Júpiter.
1659	noviembre 28	:	Hygens descubre el rastro de Syrtis Major, sobre Marte, a las 7 pm de esa tarde. Esta observación contribuyó a que el período de rotación de Marte se conozca con una precisión de 1/50 de segundo.
1781	marzo 13	:	Herschel descubre Urano.
1846	septiembre 23	:	Galle descubre Neptuno en el lugar predicho por Adams y Le Verrier, a partir de perturbaciones detectadas en Urano.
1930	febrero 10	:	Tombaugh descubre Plutón, después de 10 años de investigación.

El hecho de que los acontecimientos acabados de reseñar ocurrieran en Tauro y (en el caso de Plutón) en la adyacente Géminis (sólo Neptuno se descubrió en Acuario) es una pura coincidencia. Es interesante plantearse si Galileo podía haber descubierto Urano 170 años antes que Herschel, con su relativamente rudimentario telescopio, como sugieren algunos historiadores. Muchos astrónomos famosos observaron a Urano en el período comprendido entre ambos y lo registraron como una estrella. Sólo Herschel, que utilizaba un telescopio reflector superior, reconoció inmediatamente un pequeño disco que se movía en las noches siguientes sobre el fondo estelar.

De este modo, se puede demostrar que el programa puede ser de utilidad práctica en la búsqueda de los planetas en el cielo, y encierra algún interés desde el punto de vista histórico. Los historiadores han sugerido también que la estrella de Belén podría haber sido una de estas tres cosas:

a) una estrella nueva, o nova;
b) un cometa;
c) una conjunción de planetas brillantes.

La hipótesis *c*) se puede abordar mediante el programa, aunque no está adaptado de forma ideal, puesto que encontrar una conjunción conveniente (agrupándolos juntos) de, al menos, tres planetas brillantes en una fecha dada, es un ejercicio de prueba y error. Los cuatro planetas más brillantes son Venus, Marte, Júpiter y Saturno (Júpiter debe ser uno de los candidatos). Pueden introducirse fechas negativas, como —1, que representa al año 12 antes de Cristo.

Una solución mejor a este tipo de problemas consiste en reescribir el programa utilizando un bucle FOR/NEXT y/o días suplementarios para imprimir en la pantalla

cuando ocurren las conjunciones, comenzando por una fecha determinada —digamos 1 de enero del 10 antes de Cristo, a 1 de enero del 10 después de Cristo—. Para que formen una conjunción deseable, la separación entre dos planetas cualesquiera debe reducirse a 1° como máximo.

```
   9 REM ************************
  10 REM  Efemerides planetarias
  11 REM ************************
  20 REM va a la subrutina de da
tôs de los planetas
  30 GO SUB 2000
  39 REM ************************
  40 REM   titulos iniciales
  41 REM ************************
  50 BORDER 0: PAPER 5: INK 9: C
LS : PRINT  PAPER 4;"    Efemeri
des planetarias ";CHR$ 127;"
 "
  60 PRINT '': PRINT  PAPER 6;b$
  70 FOR f=1 TO 8: PRINT  PAPER
6;b$: PRINT a$(f*7-6 TO f*7)
  80 NEXT f
  90 PRINT  PAPER 1;AT 4,0;"Plan
eta  Ascension   Declinacion"
  99 REM ************************
 100 REM va a'entrada de datos
 101 REM ************************
 110 GO SUB 1000
 119 REM ************************
 120 REM  posicion de la tierra
 121 REM ************************
 130 LET we=98.83354
 140 LET ee=.016718
 150 LET z=ĉd*ed/1.00004: GO SUB
 770: LET Ne=z
 160 LET z=Ne+we-102.596403: GO
SUB 770: LET Me=z
 170 LET z=Ne+rr*.016718*SIN (Me
/ra)+we: GO SUB 770: LET Le=z
 180 LET ve=Le-102.596403
 190 LET Re=(1-ee^2)/(1+ee*COS (
ve/ra))
 199 REM ************************
```

```
 200 REM posiciones de planetas
 201 REM ************************
 220 FOR n=1 TO 8: REM bucle pri
ncipal
 230 LET z=cd*ed/x(1,n): GO SUB
770: LET Np=z
 240 LET Mp=Np+x(2,n)-x(3,n)
 250 LET z=Np+rr*x(4,n)*SIN (Mp/
ra)+x(2,n): GO SUB 800: LET Lp=z
 260 LET vp=Lp-x(3,n)
 270 LET Rp=x(5,n)*(1-x(4,n)*x(4
,n))/(1+x(4,n)*COS (vp/ra))
 280 LET Psi=ra*ASN (SIN ((Lp-x(
7,n))/ra)*SIN (x(6,n)/ra))
 290 LET yx=Lp-x(7,n)
 300 LET y=SIN (yx/ra)*COS (x(6,
n)/ra)
 310 LET x=COS (yx/ra)
 320 LET ct=ra*ATN (y/x)
 330 LET q=ct: GO SUB 820: LET c
t=q
 340 LET L1=ct+x(7,n)
 350 LET R1=Rp*COS (psi/ra)
 360 IF n>2 THEN  GO TO 430
 369 REM ************************
 370 REM planetas int.-Mer/Ven
 371 REM ************************
 380 LET LL=Le-L1
 390 LET A=ra*ATN ((R1*SIN (LL/r
a))/(Re-R1*COS (LL/ra)))
 400 LET z=180+Le+A: GO SUB 800:
 LET Lam=z
 410 GO TO 470
 419 REM ************************
 420 REM planetas ext.-Jup/Pluto
 421 REM ************************
 430 LET LL=L1-Le
 439 REM ************************
 440 REM   longitud ecliptica
 441 REM ************************
 450 LET z=L1+ra*ATN ((Re*SIN (L
L/ra)/(R1-Re*COS (LL/ra)))): GO
SUB 800: LET Lam=z
```

```
 459 REM ************************
 460 REM   latitud ecliptica
 461 REM ************************
 470 LET Bet=ra*ATN (R1*TAN (Psi
/ra)*SIN ((Lam-L1)/ra)/(Re*SIN (
(L1-Le)/ra)))
 479 REM ************************
 480 REM coord. ecliptic.-equat.
 481 REM ************************
 490 LET la=Lam/ra
 500 LET ec=23.441884/ra
 510 LET be=Bet/ra
 520 LET y=SIN la*COS ec-TAN be*
SIN ec: LET x=COS la
 530 LET RH=ra*ATN ((SIN la*COS
ec-TAN be*SIN ec)/(COS la))
 539 REM ************************
 540 REM    va al cuadrante
 541 REM ************************
 550 LET q=rh: GO SUB 820: LET r
h=q
 570 LET rx=rh/15: LET ry=INT rx
 579 REM ************************
 580 REM  imprime en la pantalla
 581 REM ************************
 590 PAPER 5: PRINT AT n*2+3,9;
 600 PRINT ("0" AND ry<10);ry;"h
 ";
 610 LET mx=60*(rx-INT rx): LET
my=INT mx: PRINT ("0" AND my<10)
;my;"m ";
 620 LET sx=INT (60*(mx-INT mx)+
.5): PRINT ("0" AND sx<10);sx;"s
"
 630 LET DC=ra*ASN (SIN be*COS e
c+COS be*SIN ec*SIN la)
 640 PRINT AT n*2+3,21;
 650 IF dc<0 THEN  PRINT "-";
 660 IF dc>0 THEN  PRINT "+";
 670 LET dc=ABS dc
 680 PRINT ("0" AND ABS dc<10);I
NT dc;CHR$ 130;
 690 LET dm=60*(INT ABS dc-ABS d
```

```
c)
 700 PRINT ("O" AND ABS dm<10);I
NT ABS dm;CHR$ 39;
 710 LET ds=60*(INT ABS dm-ABS d
m)
 720 PRINT ("O" AND ABS ds<10);I
NT ABS ds;CHR$ 34
 729 REM ************************
 730 NEXT n: PRINT #0; PAPER 1;"
Dibuja los planetas en un atlas
estelar"
 740 PRINT #0;'"c para COPIA, s
otra fecha": PAUSE 0
 750 IF INKEY$="c" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 740
 760 GO TO 50: REM ****reejecuci
on****
 770 REM ****rango de 0-360 grad
os****
 780 LET z=c*(z/c-INT (z/c))
 790 RETURN
 800 REM ******nos. positivos***
**
 810 LET z=z-(c AND z>c)+(c AND
z<0): RETURN
 820 REM *******cuadrante*******
*
 830 IF x<0 THEN  LET q=q+180: R
ETURN
 840 IF y>0 THEN  RETURN
 850 LET q=q+c: RETURN
1000 REM ****entrada de la fecha
*****
1010 INPUT "Fecha aaaa,mm,dd";TA
B 6;y;TAB 11;m;TAB 14;d
1020 IF m<1 OR m>12 OR d>31 THEN
  GO TO 1010
1030 LET m$="EneFebMarAbrMayJunJ
ulAgoSepOctNovDic": LET m$=" "+m
$(m*3-2 TO m*3)+" "
1040 LET d$=STR$ y+m$+STR$ d
1050 INPUT (d$+"-Fecha correcta?
(s/n)");q$
```

```
1060 IF q$="n" THEN  GO TO 1000
1070 PRINT  PAPER 7;AT 2,9;"Fech
a=";d$
1080 REM ******periodo de dias**
*****
1110 LET J=INT (365.25*(y-(m<3))
)+INT (30.6001*(m+1+12*(m<3)))+d
-INT (y/100)+INT (INT (y/100)/4)
+1720996.5: LET ed=J-2444238.5
1130 RETURN
1999 REM ************************
2000 REM  datos y variables
2001 REM ************************
2010 REM    periodos
2020 DATA .24085,.61521,1.88089,
11.86224,29.45771,84.01247,164.7
9558,250.9
2030 REM ***longitud en el perio
do**
2040 DATA 231.2973,355.73352,126
.30783,146.966365,165.322242,228
.070855,260.3578998,209.439
2050 REM **longitud del periheli
o*
2060 DATA 77.1442128,131.2895792
,335.6908166,14.0095493,92.66539
74,172.7363288,47.8672148,222.97
2
2070 REM *****excentricidad*****
*
2080 DATA .2056306,.0067826,.093
3865,.0484658,.0556155,.0463232,
.0090021,.25387
2090 REM ****semieje mayor*****
2100 DATA .3870986,.7233316,1.52
36883,5.202561,9.554747,19.21814
,30.10957,39.78459
2110 REM *****inclinacion*******
2120 DATA 7.0043579,3.394435,1.8
498011,1.3041819,2.4893741,.7729
895,1.7716017,17.137
2130 REM *****nodo ascendente***
*
```

```
2140 DATA 48.0941733,76.4997524,
49.4032001,100.2520175,113.48883
41,73.8768642,131.5606494,109.94
1
2150 REM *****nombres de planeta
s******
2160 LET a$="Mercur.Venus  Mar.
  JupiterSatur. Urano  NeptunoPl
ut.  "
2170 REM **dimensiona y carga la
 matriz de datos**
2180 DIM x(7,8): FOR n=1 TO 7
2190 FOR f=1 TO 8: READ x(n,f)
2200 NEXT f: NEXT n: DIM b$(32)
2210 REM ******variables********
2220 LET c=360: LET cd=c/365.242
2: LET ra=180/PI: LET rr=c/PI
2230 RETURN
9900 REM ***********************
9990 SAVE "Efemerides" LINE 40
```

Las lunas de Marte

En los *Viajes de Gulliver,* publicados en 1735, el escritor satírico Jonathan Swift se rió de los astrónomos contemporáneos suyos, atribuyendo al mítico pueblo de Lanuta instrumentos y descubrimientos superiores. Al mismo tiempo, Swift demostró que no era mal matemático.

Entre otras cosas, los habitantes de Lanuta descubrieron ‘‘dos estrellas menores, o satélites, ... girando en torno a Marte... a una distancia de 3 y 5 veces el diámetro del planeta... desde el centro del primario... en períodos de 10 y 21 horas, respectivamente...».

Como la duración del ‘‘día’’ marciano (24 h, 37 m) la había deducido Lassini en 1666, Swift estaba convencido probablemente de que su ficticio satélite más cercano a Marte, podría salir por el oeste y ponerse por el este, unas pocas horas más tarde, contemplado desde la superficie de Marte. El segundo satélite, o luna, ficticio, permanecería virtualmente fijo en los cielos marcianos, a causa de que su período orbital se correspondía aproximadamente con el período de rotación del planeta.

En 1877, es decir, 142 años más tarde, el profesor Asaph Hall, utilizando el refractor de 26 pulgadas del Observatorio Naval de Washington, DC, hizo realidad la ficción de Swift. Descubrió dos lunas de Marte: la más interior gira en torno al planeta a mayor velocidad de lo que gira éste sobre su eje, y la más exterior permanece so-

bre un paisaje dado durante cerca de tres días marcianos, pasando por todas sus fases, desde luna nueva a luna llena, dos veces. El período sinódico orbital que se reconoce normalmente es de 7 h, 39 m para Phobos y 30 h, 21 m para Deimos.

La representación en pantalla

El programa siguiente muestra la mayor parte de estas características en una presentación animada que es correcta, tanto en lo que se refiere a la escala como al movimiento relativo de los tres cuerpos. Se ha incorporado a la representación una proyección única que muestra los cielos como si se contemplaran desde la superficie del Planeta Rojo, junto con las fases cambiantes de cada una de las lunas, cuando giran en torno al planeta (véase una representación típica en la figura 6.4).

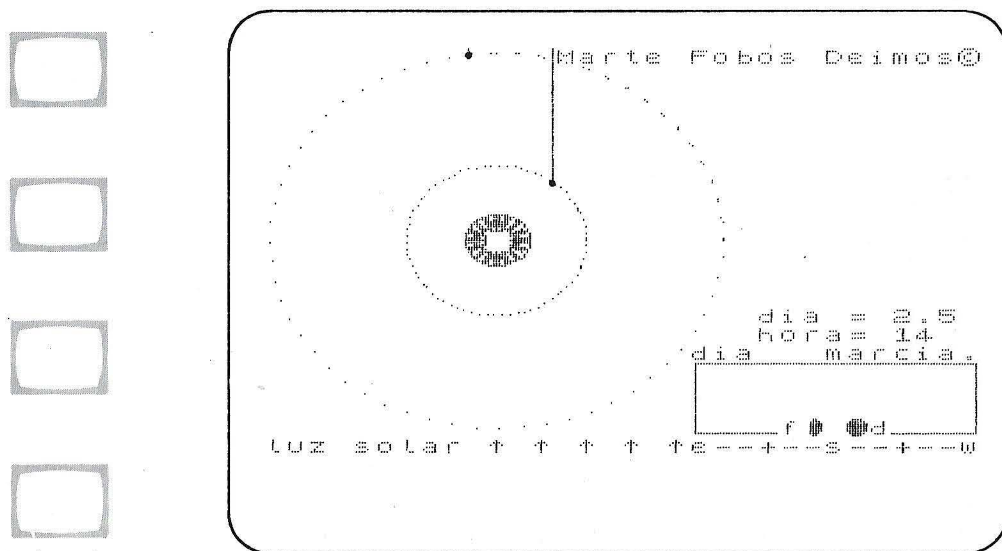


Figura 6.4. Marte y sus lunas. Las posiciones de Phobos y Deimos se señalan con sus correspondientes sombras.

El punto de observación está sobre el casquete polar norte de Marte. La luz del sol surge de la parte inferior de la pantalla, proyectando la sombra del globo en el espacio. El planeta gira lentamente sobre su eje, tal como se indica mediante la línea de longitud que localiza nuestro puesto de observación sobre la superficie. Phobos y Deimos giran en torno al planeta, y sus sombras se proyectan alternativamente en el espacio.

En la parte inferior derecha de la pantalla se encuentra la proyección de una porción reducida de cielo, contemplada desde la superficie del planeta. La vista abarca el horizonte sur, de este a oeste, así como al Sol y a las lunas cuando cruzan el cielo, todo ello sincronizado con la representación principal. En la proyección de la peque-

ña porción de cielo se ha insertado la fase actual de cada una de las lunas, representadas mediante 'p' (Phobos) y 'd' (Deimos). Inmediatamente encima se indica el tiempo transcurrido desde el comienzo de la proyección, en días y horas.

Phobos y Deimos

La animación comienza con una puesta de sol en color en el primer día —Phobos y Deimos están al sur y, por tanto, centrados en la pequeña proyección del cielo—. Phobos se mueve rápidamente hacia la izquierda, alcanzando la rotación del planeta, y se pone pronto por el este. Por el contrario, Deimos camina muy lentamente hacia el oeste y permanece en el cielo por espacio de 30 horas marcianas, siendo alcanzado en el proceso por el Sol. Phobos trazará su arco sobre los cielos muchas veces en los días siguientes, pero Deimos sólo volverá a aparecer al final del procesamiento del programa.

Para obtener el máximo rendimiento de las varias representaciones que interactúan entre sí, es conveniente procesar el programa varias veces, preferentemente en color. Veamos algunos consejos interesantes.

Una luna aparece como un disco iluminado plenamente, o luna llena, cuando traza su órbita en la parte superior de la pantalla. En cambio, cuando está en la parte inferior de la pantalla, entre el Sol y Marte, se dice que está en fase de luna nueva porque, efectivamente, carece de iluminación si se la contempla desde Marte, y desaparece brevemente. Si en el transcurso del día marciano se produce una luna nueva, la luna en cuestión pasará brevemente cerca del Sol, como se pone de manifiesto en la proyección de la pequeña porción del cielo. En el programa se define la instrucción UDG CHR$ de CHR$ 144 a CHR$ 159, para mostrar las fases de las lunas en 16 pasos.

El tiempo de proceso del programa se controla mediante el bucle FOR/NEXT n en la línea 280 y procesa cinco días. PI es igual a 10 arcos semicirculares de rotación planetaria, programada a intervalos de media hora, mediante la instrucción STEP PI/24. Comprueba el programa con valores diferentes a 10 y 24 en esta línea. Para una ejecución de más de cinco días, Phobos no puede sincronizarse.

Se puede cambiar también el tamaño de Marte y de las dos órbitas mediante la variable de escala de la línea 110. Normalmente, esto se realiza de manera que se contenga la órbita de Deimos en la pantalla del Spectrum. Las variables 'mars', 'ph' y 'de' son el diámetro de marte y los radios orbitales de Phobos y Deimos, respectivamente, en kilómetros, y no deberían modificarse.

```
 9 REM ************************
10 REM       Lunas de Marte
11 REM ************************
20 RESTORE : GO SUB 2000
29 REM ************************
30 REM        variables
```

```
  31 REM ***********************
  40 DIM a$(3): DIM d$(13)
  50 LET m$=" marcia."
  60 LET n$="Marte Fobos Deimos"
  70 LET x=83: LET y=92: LET d=0
: LET p=0: LET sky=0: LET sk=1
  80 LET h=0
  90 LET dd=4.7: LET pp=4.7
 100 LET m1=4: LET m2=4
 110 LET q=203: LET scale=290
 120 LET mars=6790/2/scale
 130 LET m=mars-1
 140 LET ph=9350/scale
 150 LET de=23487/scale
 159 REM ***********************
 160 REM   titulos iniciales
 161 REM ***********************
 170 BORDER 0: PAPER 0: CLS
 180 PRINT AT 12,9;n$;AT 15,22;
INK 4;"hora=";AT 14,22; INK 6;"d
ia ="
 190 PRINT  PAPER 6; INK 9;AT 16
,19;"dia  "+m$'''''"luz solar ^
^ ^ ^ ^"; PAPER 2; INK 5;"e--+--
s--+--w"
 200 LET pa=5: GO SUB 740
 209 REM ***********************
 210 REM disco y sombra de Marte
 211 REM ***********************
 220 FOR n=0 TO 9: PRINT  PAPER
1;AT n,9;a$: NEXT n
 230 OVER 0: CIRCLE x,y,mars
 240 FOR n=0 TO PI*2 STEP PI/24
 250 PLOT x,y: DRAW  INK 2;COS n
*m,SIN n*m: NEXT n: PRINT AT 12,
5;d$+d$; BRIGHT 1; PAPER 7;AT 10
,10;" "
 260 PRINT AT 0,13;n$;CHR$ 127
 269 REM ***********************
 270 REM    bucle principal
 271 REM ***********************
 280 FOR n=0 TO PI*10 STEP PI/24
 290 IF h>24 THEN  LET h=h-24
```

```
 300 PRINT AT 15,28;h;"   "
 310 BEEP .01,40: LET h=h+.5
 320 PRINT AT 14,28;sk-.5;"   "
 329 REM ************************
 330 REM calc. rotacion de Marte
 331 REM ************************
 340 LET cn=COS n: LET cm=cn*m
 350 LET sn=SIN n: LET sm=sn*m
 360 IF sky/24=INT (sky/24) THEN
  LET pa=3: GO SUB 740: GO SUB 6
90
 370 GO SUB 850
 379 REM ************************
 380 REM calcula orbitas:parte 1
 381 REM ************************
 390 LET dc=COS d: LET ds=SIN d
 400 LET pc=COS p: LET ps=SIN p
 409 REM ************************
 410 REM calc. posicion lunas
 411 REM ************************
 420 OVER 1: LET ddc=COS dd: LET
dds=SIN dd: LET ppc=COS pp: LET
pps=SIN pp: LET sky=sky+1
 429 REM ************************
 430 REM calc. orbitas:parte 2
 431 REM ************************
 440 LET dx=x+dc*de
 450 LET dy=y+ds*de
 460 LET px=x+pc*ph
 470 LET py=y+ps*ph
 479 REM ************************
 480 REM  longitud marciana
 481 REM ************************
 490 FOR f=0 TO 1: PLOT x,y: DRA
W  INK 2;cm,sm: GO SUB 780
 500 INK 9
 509 REM ************************
 510 REM   dibuja las orbitas
 511 REM ************************
 520 PLOT dx,dy
 530 DRAW 0,175-dy-(96 AND dy<y
AND dx>x-13 AND dx<x+13)
 540 PLOT px,py
```

```
 550 DRAW 0,175-py-(96 AND py<y
AND px>x-13 AND px<x+13)
 560 NEXT f
 570 PLOT dx,dy: PLOT px,py
 589 REM ************************
 590 REM incremento orbita lunar
 599 REM ************************
 600 LET d=d+.105: LET p=p+.425
 610 LET dd=dd+.026: LET pp=pp-.
295
 620 LET m1=m1+1.069: LET m2=m2+
.252
 630 IF m1>15 THEN  LET m1=m1-16
 640 IF m2>15 THEN  LET m2=0
 650 OVER 0: NEXT n
 654 REM ************************
 655 REM  reejecuta el programa
 660 PRINT #0; FLASH 1;"Cualquie
r tecla para recomenzar": PAUSE
0: GO TO 30
 679 REM ************************
 680 REM miniproyecc. del cielo
 681 REM ************************
 690 PRINT AT 16,19;
 700 IF sk<>INT sk THEN  PRINT
PAPER 6; INK 9;"dia  "+m$: LET p
a=5
 710 IF sk =INT sk THEN  PRINT
PAPER 5; INK 9;"noche"+m$: LET p
a=1
 720 LET sk=sk+.5
 729 REM ************************
 730 REM    dibuja el cielo
 731 REM ************************
 740 FOR k=17 TO 20: PRINT  PAPE
R pa;AT k,19;d$: NEXT k
 750 INK 9: PLOT 154,9: DRAW 100
,0: DRAW 0,30: DRAW -100,0: DRAW
 0,-30
 760 PRINT  BRIGHT 1; PAPER 0; I
NK 7;AT 20,23;"f   d"
 770 RETURN
 779 REM ************************
```

```
 780 REM  dibuja el sol marciano
 781 REM ***********************
 790 INK 9: IF sm<0 THEN  PLOT q
+cm*4.2,10+ABS sm*2.4: DRAW 0,1
 799 REM ***********************
 800 REM dibuja lunas en cielo
 801 REM ***********************
 810 IF dds<0 THEN  PLOT q+ddc*5
0,12+ABS dds*20: DRAW 0,1
 820 IF pps<0 THEN  PLOT q+ppc*5
0,10+ABS pps*20: DRAW 0,1
 830 INK 0: RETURN
 839 REM ***********************
 840 REM dibuja fases lunares
 841 REM ***********************
 850 PRINT  PAPER 0; INK 7; BRIG
HT 1;AT 20,24;CHR$ (144+ABS m1)+
" "+CHR$ (144+m2): RETURN
1999 REM ***********************
2000 REM GDU de fases lunares
2001 REM ***********************
2010 DATA 0,0,0,12,2,1,12,6,3,12
,6,7,12,14,15,12,30,31,28,62,63
2020 DATA 60,126,127,60,126,255,
60,126,254,56,124,252,48,120,248
2030 DATA 48,112,240,48,96,224,4
8,96,192,48,64,128
2039 REM **********************
2040 REM genera los GDU lunares
2041 REM **********************
2050 FOR n=0 TO 15: FOR f=0 TO 1
2060 READ p
2070 POKE USR CHR$ (144+n)+f,p
2080 POKE USR CHR$ (144+n)+7-f,p
2090 NEXT f
2100 READ c: FOR x=2 TO 5
2110 POKE USR CHR$ (144+n)+x,c
2120 NEXT x: NEXT n: RETURN
2129 REM ***********************
2130 REM   fin de los UDG
9900 REM ***********************
9990 SAVE "LunasMarte" LINE 1
```

Satélites de Júpiter

En 1609, el italiano Galileo Galilei utilizó su recién construido telescopio (inventado un año antes por el holandés Han Lippershey) para estudiar los cielos. Sus comunicaciones asombraron al mundo civilizado, pero escandalizaron a la Iglesia.

El enfrentamiento más grave con las autoridades se debía a un descubrimiento en particular: "El planeta Júpiter tiene cuatro lunas que giran en torno a él...", lo que probaba que no todos los cuerpos celestes giraban en torno a la Tierra y que, por consiguiente, la Tierra (especialmente el Vaticano) no era el centro del Universo. Italia quedó aislada de las controversias científicas durante muchas décadas, mientras que la ciencia europea alcanzaba su punto álgido. Hoy, todo el mundo puede experimentar la emoción de descubrir las lunas de Júpiter con unos modestos primáticos, y este programa te ayudará a hacerlo.

El programa, que pertenece al tipo de los de efemérides, es lo suficientemente preciso, a pesar de su modesta longitud, como para identificar y nombrar las cuatro lunas para cualesquiera fecha y hora que elijas. Las predicciones son virtualmente idénticas a las publicadas en *Sky and Telescope* y en el *BAA Handbook,* que son autoridades en este tipo de trabajos.

Trazado de las lunas

El programa proporciona una buena representación y exposición en pantalla, sobre todo si es en color. Una vez que se ha escrito y puesto en marcha el programa, se te solicita que introduzcas la fecha elegida. Tienes la opción de ejecutar y representar las posiciones de las lunas en esa fecha a intervalos de dos horas, o a la medianoche de cada día (0 h tiempo universal), durante un período de 12 días. La presentación se hace de tal forma (Figs. 6.5 y 6.6), que puedes ver a las distintas lunas "agitándose de acá para allá" sobre el planeta Júpiter, fijo en la línea central de la representación de la pantalla.

El movimiento bihorario de las lunas es muy corto, pero notable, particularmente en lo que se refiere a las lunas interiores Io y Europa. En comparación con él, el movimiento diario de las lunas (pulsando 'd') es muy manifiesto y, para ayudarte a identificar cada luna, la llamada "configuración" se representa para cada predicción en forma de una serie de números, más la letra "J", por Júpiter. Los números representan el orden de las lunas de Júpiter, 1 = Io, 2 = Europa, etc. Claro que, desde la Tierra, para la que este programa procesa la posición aparente de cada una de las lunas, el orden de la configuración puede parecer embrollado, 132J4, lo que se debe a la contemplación del sistema Joviano de canto. Una contemplación a vista de pájaro nos pondría de manifiesto a todas las lunas trazando círculos perfectos en torno a Júpiter y manteniendo su orden de 1, 2, 3, 4 desde el planeta.

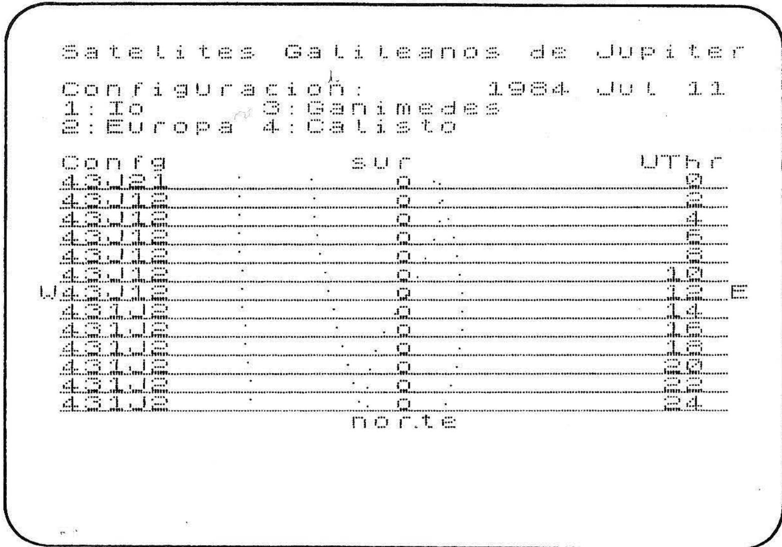


Figura 6.5. Cálculo y representación gráfica de las posiciones de los satélites de Júpiter en un día señalado, con un incremento de dos horas.

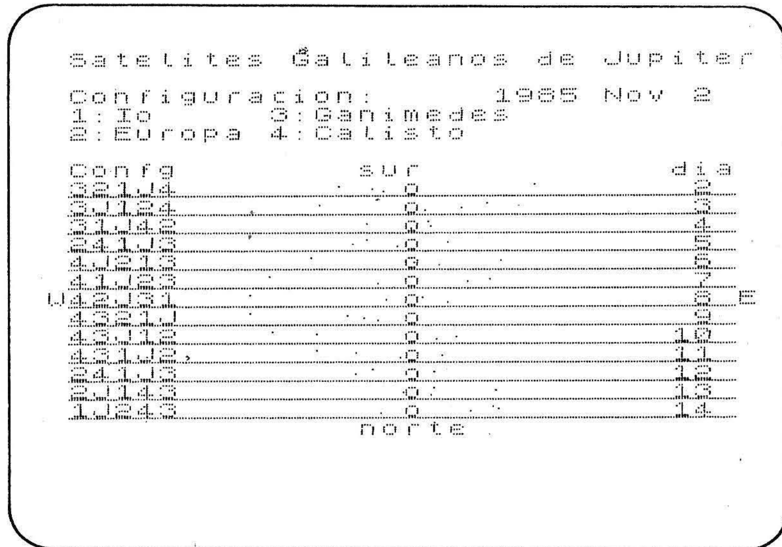


Figura 6.6. Representación gráfica de las posiciones de los satélites de Júpiter, a medianoche, durante un período de 12 días. La variación de la posición es más pronunciada.

Búsqueda de Júpiter en el cielo

El planeta Júpiter se puede ver normalmente bajo, en la parte suroccidental del firmamento, desde Gran Bretaña y el resto del hemisferio norte, después del anochecer, y todas las noches de los veranos y otoños, durante varios años, puede contemplarse mientras desciende en el sur (la situación es aún más favorable en el hemisferio sur). Es la ''estrella'' que más brilla en esa región celeste, y unos prismáticos potentes o un telescopio pequeño permitirán contemplar al planeta en forma de un pequeño disco y a sus lunas en forma de puntos luminosos que cambian de posición cada hora y diariamente, al mismo tiempo que en tu programa. ¿Por qué, si la noche que elijas para utilizar este programa está nublada y tienes una impresora ZX, no haces una copia —ya que el programa tiene la opción de efectuarla— y la conservas para cuando el día esté despejado?

```
   9 REM *************************
  10 REM   Satelites de Jupiter
  11 REM *************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f: REM e e
  16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
  20 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS
  30 DIM x(5): DIM t$(5): DIM x$
(30)
  40 DEF FN z(i)=i-360*INT (i/36
0)
  50 LET t$="1234J": LET s$=""
  60 LET r1=PI/180
  70 LET m$="EneFebMarAbrMayJunJ
ulAgoSepOctNovDic"
  79 REM *************************
  80 REM titulos/entrada datos
  81 REM *************************
  90 PRINT  PAPER 5;AT 1,1;"Sate
lites Galileanos de Jupiter"
 100 INPUT "A o: ";yr
 110 PRINT : PRINT " A o = ";yr
 120 LET d$=STR$ yr
 130 INPUT "Mes (1-12) : ";mh: I
F mh<1 OR mh>12 THEN  GO TO 130
 140 LET m$=m$(mh*3-2 TO mh*3)
 150 PRINT " Mes= ";m$
```

```
 160 LET d$=d$+" "+m$
 170 INPUT "Dia: ";dy: IF dy<1 O
R dy>31 THEN  GO TO 170
 180 PRINT " Dia  = ";dy
 190 PRINT " Periodo de interval
o=";
 200 INPUT "horas o dias(h/d)";a
$
 210 IF a$="h" THEN  PRINT "2hrs
"
 220 IF a$<>"h" THEN  PRINT "dia
rio"
 230 PRINT #0; FLASH 1;" Fecha c
orrecta (s/n)": PAUSE 0: IF INKE
Y$="n" THEN  GO TO 10
 240 LET d$=d$+" "+STR$ dy
 249 REM ************************
 250 REM Fija los titulos
 251 REM ************************
 260 CLS
 270 PRINT  PAPER 5;AT 1,1;"Sate
lites Galileanos de Jupiter"
 280 PRINT  INK 4;AT 3,1;"Config
uracion:"'" 1:Io      3:Ganimedes
"," 2:Europa 4:Calisto"
 290 PRINT  PAPER 5; INK 1;AT 3,
20;d$+(" " AND LEN d$<11)
 300 INK 6: PRINT AT 7,1;"Confg"
 310 PRINT AT 7,27;("UThr" AND a
$="h")+(" dia" AND a$<>"h"): INK
 9
 320 PRINT  INK 3;AT 7,14;"sur";
AT 14,0;"W";AT 14,31;"E";AT 21,1
4;"norte"
 329 REM ************************
 330 REM calculo de dias,etc
 331 REM ************************
 340 LET m=mh: LET y=yr
 350 IF mh>=3 THEN  GO TO 370
 360 LET m=m+12: LET y=y-1
 370 LET f=INT (y/100)-INT (y/40
0)
 379 REM ************************
```

```
 380 REM calculo del dia Juliano
 381 REM ************************
 390 LET a=INT (365.25*(y+4712))
-2415020
 400 LET b=INT ((367*(m-1)+5)/12
)
 409 REM ************************
 410 REM bucle principal
 411 REM ************************
 420 LET hr=0: FOR c=0 TO 12
 430 LET d=dy+hr/24+a+b-f-.5
 439 REM ************************
 440 REM calcula pos. de la luna
 441 REM ************************
 450 LET M=FN z(358.476+.9856003
*d)
 460 LET N=FN z(225.328+.0830853
*d)
 470 LET J=FN z(221.647+.9025179
*d)
 480 LET aa=1.92*SIN (M*r1)+.02*
SIN (2*M*r1)
 490 LET bb=5.537*SIN (N*r1)+.16
7*SIN (2*N*r1)
 500 LET K=J+aa-bb
 510 LET delta=SQR (28.07-10.406
*COS (K*r1))
 520 LET psi=ASN (SIN (K*r1)/del
ta)/r1
 530 LET u1=FN z(84.5506+203.405
863*(d-delta/173)+psi-bb)
 540 LET u2=FN z(41.5015+101.291
632*(d-delta/173)+psi-bb)
 550 LET u3=FN z(109.977+50.2345
169*(d-delta/173)+psi-bb)
 560 LET u4=FN z(176.3586+21.487
9802*(d-delta/173)+psi-bb)
 570 LET x(1)=5.906*SIN (u1*r1)
 580 LET x(2)=9.397*SIN (u2*r1)
 590 LET x(3)=14.989*SIN (u3*r1)
 600 LET x(4)=26.364*SIN (u4*r1)
 610 LET x(5)=0
 619 REM ************************
```

```
 620 REM Imprime Jupiter y luna
 621 REM ************************
 630 PAPER 1
 640 PRINT AT c+8,1;x$;AT c+8,16
; INK 6;"o"
 650 PRINT AT c+8,28;
 660 IF a$="h" THEN  PRINT (" "
AND hr<10);hr
 670 IF a$<>"h" THEN  PRINT (" "
 AND dy<10);dy
 680 FOR n=1 TO 4: PLOT  OVER 1;
131-4.5*x(n)/2,n+105-c*8: NEXT n
 690 FOR o=1 TO 5
 700 LET max=x(1): LET t=1
 710 FOR n=2 TO 5
 720 IF x(n)>max THEN  LET max=x
(n): LET t=n
 730 NEXT n
 740 LET s$=s$+t$(t): LET x(t)=-
50
 750 NEXT o
 760 PRINT  PAPER 1;AT c+8,1;s$:
 LET s$=""
 770 PLOT 8,104-c*8: DRAW 239,0
 780 IF a$<>"h" THEN  LET dy=dy+
1
 790 IF a$="h" THEN  LET hr=hr+2
 800 BEEP .1,30: NEXT c
 809 REM ************************
 810 REM menu-COPIA o EJECUTA
 811 REM ************************
 820 PRINT #0;" c para COPIA, r
para EJECUTAR": PAUSE 0
 830 IF INKEY$="c" THEN  LPRINT
: COPY : INPUT "": GO TO 820
 840 RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "SatJup" LINE 1
```

Los anillos de Saturno

Saturno, que es el más espléndido de los planetas, marcaba la frontera del sistema solar conocido hasta 1781. Es un mundo frío, para el que el Sol es solamente una brillante estrella en su cielo. Mas su lejanía no ha detenido al hombre en su intento de obtener una visión más cercana, mediante el éxito alcanzado por la nave espacial Voyager que, en agosto de 1981, envió imágenes más claras de las que hubiera sido posible obtener jamás mediante telescopios terrestres, desde una distancia de casi 1.600 millones de kilómetros.

El hermoso anillo del planeta ha impresionado siempre a quienes lo contemplaban a través del telescopio, ya fueran aficionados o profesionales. Este programa, y los dos que le siguen, se han diseñado con el fin de satisfacer intereses diferentes y demostrar el potencial gráfico del Spectrum.

Los anillos de Saturno representan posiblemente la más precisa simulación de Saturno alcanzada jamás en un ordenador doméstico. Es más, posiblemente sea superior a muchos trabajos realizados en ordenadores de propósito general, si exceptuamos los del Laboratorio Planetario de la NASA.

Presenta una imagen llena a toda pantalla en la que se han suprimido todas las líneas ocultas y se han dibujado a escala, con precisión, el globo y el sistema de anillos. El usuario puede girar el planeta y el sistema de anillos según un ángulo cualquiera hasta 90°. Si la entrada es de 0°, el planeta se dibuja como si se viera directamente sobre su ecuador, con los anillos de canto. Si la entrada es de 90°, tendremos una vista polar, con el sistema de anillos rodeando completamente al planeta. Puedes seleccionar un aspecto nórdico o sureño para el giro. Introduciendo 's' obtendremos la parte inferior de los anillos y el ecuador y el polo que resulta visible bajo este aspecto.

La secuencia para dibujar el planeta es la siguiente:

1) comprueba el tamaño de la imagen; se adapta la escala si la inclinación es > 43°;
2) dibuja el globo, corrigiendo el achatamiento aparente según la indicación;
3) dibuja el ecuador, corrigiéndolo según la inclinación;
4) dibuja el sistema de anillos semitransparente;
5) trazar el borde más cercano de los anillos sobre el globo, según un aspecto N/S;
6) dibuja la División de Cassini a través del sistema de anillos: en el sentido de las agujas del reloj para el aspecto norte;
7) borra la División de Cassini si está destrás del planeta;
8) traza la posición del polo visible, corrigiendo el achatamiento aparente según la inclinación.

Utilización de la orden SCREEN$

El programa contiene una opción (pulsa 'x') para copiar el dibujo completo mediante la impresora ZX, utilizando COPY y otra para guardar la imagen en una cinta

mediante la orden SCREEN$. Para lo último sólo es necesario presionar 's' y poner en marcha el cassette para guardar el dibujo creado. El ángulo de inclinación queda guardado automáticamente en el nombre del fichero, es decir, sat -23,4. Para trazar de nuevo el dibujo, introducir LOAD "sat-23.4". SCREEN$ y el Spectrum buscarán y representarán la imagen adecuada a partir de la cinta.

Saturno y las simulaciones mediante ordenador

A diferencia de algunas presentaciones mediante ordenador de Saturno uniformadas, el globo no es circular —a menos que lo contemplemos sobre los polos— y, por ello, no podemos utilizar la orden CIRCLE para dibujar el planeta. Esta forma oval (o, por decirlo correctamente, de esferoide achatado) se debe a la rapidez con que Saturno gira sobre su eje (10 h, 14 min, día de Saturno), que origina la protuberancia ecuatorial y el achatamiento polar.

El Spectrum dibuja el globo y el sistema de anillos mediante la orden de trazado (PLOT) utilizando una rutina rápida de elipse. En el caso del globo, se aplica progresivamente la reducción del achatamiento del 10 por 100 a 0° (círculo completo), modificando la inclinación desde 0 a 90°. De modo similar, se colocan correctamente la posición del ecuador y del polo visible de acuerdo a la inclinación del planeta y a la forma en que se presenta el achatamiento.

Cuando se le contempla desde la Tierra, la apariencia del planeta se limita a una inclinación máxima de 26,73° (la inclinación del eje de Saturno respecto a su órbita alrededor del Sol), tanto en dirección norte como en dirección sur, más o menos 0,49°, dependiendo de las posiciones relativas de la Tierra y de Saturno en sus órbitas en ese momento. Por ello, cualquier inclinación que exceda de 28° representará un punto de vista diferente del de la Tierra.

El programa

Las instrucciones REM muestran la estructura general del programa. En el caso de que se dibujen el globo y los anillos, sólo hay que calcular el contorno de un cuadrante de la elipse y reflejarlo en los tres cuadrantes restantes, dibujando secuencialmente cada uno de los cuadrantes. Una rutina como ésta asegura que el dibujo se realiza rápidamente con un mínimo de cálculos. En el caso de la rutina utilizada para dibujar la División de Cassini en el sistema de anillos, el programa traza una elipse completa, y verás que resulta lento, aunque satisfactorio.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Anillos de Saturno
 11 REM ************************
 20 LET sc=1: BORDER 0: PAPER 0
```

```
: INK 6: CLS
  30 PRINT "Saturno ";CHR$ 127;
  40 INPUT "Declive(0";CHR$ 130;
"a 90";CHR$ 130;")",z
  50 IF z>43 THEN  LET sc=.66
  60 INPUT "Declive N o S(n/s)";
a$
  70 LET ob=1.1*z/100
  80 LET oe=.89+(.11*ob)
  90 IF a$="s" THEN  LET z=-z
 100 PRINT TAB 20;"Declive=";z;C
HR$ 130
 110 LET e=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
 115 LET p=COS ((.1+z)/180*PI):
IF a$="s" THEN  LET p=-p
 120 LET x=255/2: LET y=88
 130 LET r=54*sc: LET h=126*sc
 140 GO SUB 360
 149 REM ************************
 150 REM   dibuja los anillos
 160 FOR f=0 TO 1.58 STEP .01
 170 LET c=INT (SIN f*h)
 180 LET d=INT (COS f*h/e)
 190 PLOT x+c,y+d
 200 DRAW -c/3,-d/3
 210 PLOT x-c,y+d
 220 DRAW c/3,-d/3
 230 PLOT  OVER 1;x-c,y-d
 240 DRAW c/3,d/3
 250 DRAW  OVER 1;0,1
 260 PLOT  OVER 1;x+c,y-d
 270 DRAW -c/3,d/3
 280 DRAW  OVER 1;0,1
 290 NEXT f: GO SUB 460
 299 REM ************************
 300 REM menu-COPIA/CONT/PANT.
 310 PRINT #0;"x para COPIA,c pa
ra CONTinuar"
 320 PRINT #1;"s para grabar ""s
at ";STR$ z;"""": PAUSE 0
 330 IF INKEY$="x" THEN  COPY :
INPUT "": GO TO 310
 340 IF INKEY$="s" THEN  INPUT "
```

```
": SAVE "sat "+STR$ zSCREEN$ : I
NPUT "": GO TO 310
 350 RUN
 359 REM ************************
 360 REM dibuja globo achatado
 370 FOR f=0 TO 1.420 STEP .019
 380 LET a=INT (SIN f*r)
 390 LET b=INT (COS f*r*oe)
 400 PLOT x+a,y+b: DRAW 0,-b*2
 410 PLOT x-a,y+b: DRAW 0,-b*2
 420 NEXT f
 429 REM ************************
 430 REM   dibuja el ecuador
 440 FOR f=PI*.5 TO PI*1.5 STEP
.1: PLOT  OVER 1;x+SIN f*r,y+COS
 f*r/e: NEXT f: RETURN
 449 REM ************************
 450 REM dibuja division Cassini
 460 LET cd=2.1
 470 FOR f=0 TO PI*2 STEP .03: P
LOT  OVER 1;x+SIN f*r*cd,y+COS f
*r*cd/e: DRAW  OVER 1;2,0: NEXT
f
 479 REM ************************
 480 REM borra detras del globo
 485 IF ABS z>26 THEN  GO TO 570
 490 FOR f=0 TO 1.42 STEP .01
 500 LET a=INT (SIN f*r)
 510 LET b=INT (COS f*r*oe)
 520 IF a$="s" THEN  LET b=-b
 530 PLOT x+a,y: DRAW 0,b
 540 PLOT x-a,y: DRAW 0,b
 550 NEXT f
 559 REM ************************
 560 REM       polo visible
 570 PLOT  OVER 1;x,y+r*p*oe
 580 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "saturno"
```

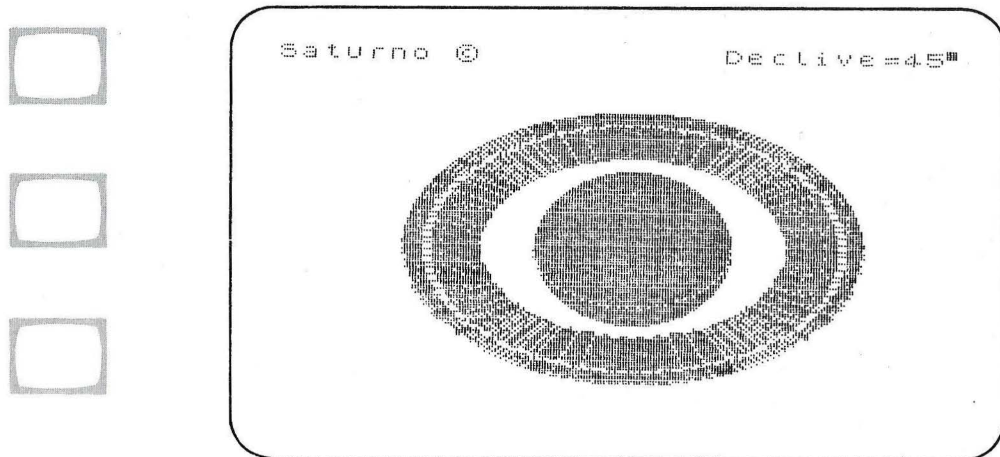


Figura 6.7. Dibujo de Saturno obtenido mediante el programa "Anillos de Saturno".

Anillos de Saturno-2

Este programa es similar al anterior, aunque reducido al mínimo, a fin de que produzca un contorno del planeta y su sistema de anillos. Constituye un ejemplo de cómo un programa puede ser breve y, al mismo tiempo, satisfactorio. La figura 6.8 es copia de la pantalla.



Figura 6.8. Representación gráfica de Saturno con sus anillos. (Anillos de Saturno-2).

El programa

Con este programa, puedes simular la apariencia de Saturno y su sistema de anillos, para cualquier ángulo de inclinación que se elija y que esté comprendido entre 0 y 90°. Cuando se introduce 0, el planeta se dibuja como si se le viera directamente sobre el ecuador, con los anillos de canto. Cuando la entrada es de 90°, se representa una visión polar, con el sistema de anillos rodeando al planeta. Cuando se le contempla desde la Tierra, la apariencia queda limitada desde 0 a 26,73° de inclinación, tanto en dirección norte como sur, más o menos 0,49°, según las posiciones relativas de la Tierra y Saturno, en sus órbitas, en ese momento.

Para simplificar las cosas, no se ha intentado borrar el sistema de anillos cuando pasa por detrás del planeta, y dejo a tu elección decidir qué porción de los anillos queda más cerca de ti. El Spectrum influirá en tu decisión inicial, al dibujar primero la sección más baja del globo.

El Spectrum dibuja el globo y el sistema de anillos mediante la orden de trazado PLOT, utilizando un programa de elipse modificado (veáse el capítulo 9). En el caso del globo, se aplica progresivamente la reducción del achatamiento del 10 a 0 por 100 (círculo completo), mediante la variación de la inclinación de 0 a 90°.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Anillos de Saturno";
  11 REM ************************
  30 INPUT "declive(0";CHR$ 130;
"-90";CHR$ 130;")",z
  40 PRINT ".Declive=";z;CHR$ 13
0
  50 LET ob=1.1*z/100
  60 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  70 LET x=128: LET y=88
  80 LET r=30: LET h=70
  90 GO SUB 180
  99 REM ************************
 100 REM   dibuja los anillos
 101 REM ************************
 110 FOR n=1 TO 1.6 STEP .1
 120 FOR f=0 TO PI*2 STEP .05
 130 LET sx=INT (SIN f*h)
 140 LET cy=INT (COS f*h/z)
 150 PLOT x+sx/n,y+cy/n
 160 NEXT f: NEXT n: STOP
 169 REM ************************
 170 REM globo achatado. Saturno
 171 REM ************************
```

```
 180 FOR f=0 TO PI*2 STEP PI/100
 190 PLOT INT (x+SIN f*r),INT (y
+COS f*r*(.89+(.11*ob)))
 200 NEXT f: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Anillos"
```

Dibujo de Saturno

Quienes se dedican a observar a Saturno, preparan generalmente un esbozo del planeta y del sistema de anillos, a fin de utilizarlo en la observación telescópica. El aspecto más difícil del bosquejo del planeta consiste en conseguir la geometría correcta del anillo, de manera que se despilfarra una gran cantidad de tiempo precioso para la observación telescópica intentando dibujar estas elipses tan sutiles, que constituyen un reto para los delineantes más cualificados. Quien no esté familiarizado con la observación planetaria, puede creer que el programa que presentamos a continuación ahorrará la necesidad de ir al telescopio, pero no es así. Hay que registrar muchas sombras sutiles, degradaciones de color y divisiones en los anillos. Por ello, el programa constituye sólo una ayuda, y resulta muy divertido incluso para los que no son muy entusiastas del telescopio.

Este programa, basado en la rutina de los anilllos de Saturno, se ha concebido para que, utilizando la impresora ZX, realice dibujos cuyo eje mayor del sistema de anillos mida unos 10 cm. Como quiera que la impresora ZX no puede abarcar toda esta anchura, el borde izquierdo del sistema de anillos aparecerá doblado.

El planeta se puede girar hasta 27,22° y el programa acepta entradas de 0 a 28°. Los valores negativos, que son innecesarios, puesto que el globo es transparente, no deben introducirse. Se ha aplicado cuidadosamente la corrección para el achatamiento del globo, de acuerdo con la inclinación, y el sistema de anillos representa el borde externo del anillo A (elipse más grande) y el interior del B (elipse más corta), respectivamente. La figura 6.9 es una copia típica del programa.

Diseño asistido por ordenador

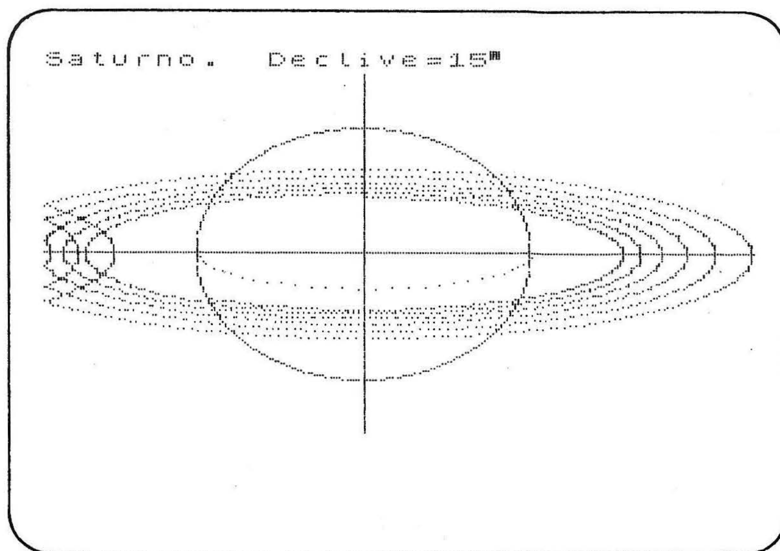
Si quieres tener un registro permanente del aspecto de Saturno a través de todas sus fases posibles durante un período orbital de 29 años y medio, cubriendo la inclinación axial de 0 a 28°, efectúa las pequeñas modificaciones siguientes en el programa, de manera que el Spectrum con impresora las realice automáticamente. Necesitaríamos unos dos metros de papel de la impresora ZX para las 29 copias.

Corrige la línea 170 a:

170 NEXT f: NEXT n: COPY: CLS: LET z = z + 1: GOTO 40

Ahora teclea:

RUN ENTER 0 ENTER



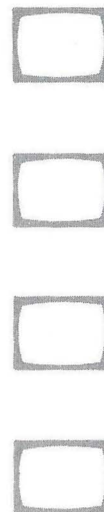


Figura 6.9. Representación gráfica de Saturno dada por el programa, puede utilizarse para equipararlo a la observación telescópica.

y tu Spectrum realizará, sin esfuerzo, un fino trabajo de CAD (Computer Aided Design). El ordenador, dejado a sus propios mecanismos, tarda casi cinco minutos en trazar una de las imágenes, antes de copiarlas. El tiempo de trazado puede reducirse a casi 90 segundos por imagen si sólo se dibujan los anillos interior y exterior, lo que originará que las posiciones trazadas estén más separadas entre sí. Para ello, hay que modificar los STEP en los dos bucles FOR/NEXT de las líneas 120 y 130, del siguiente modo:

120...STEP .5
130...STEP .04

Si no te gusta que la parte izquierda del sistema de anillos se doble, puedes cambiar la escala de toda la imagen, de manera que quepa en la pantalla, cambiando las variables de las líneas 80 y 90:

x = 255/2   r = 60*.9   h = 140*.9

```
  9 REM **************************
 10 PRINT    "Saturno.   ";
 11 REM **************************
 30 INPUT "Declive(0";CHR$ 130;
"to 28";CHR$ 130;")",z
 40 IF z>28 THEN GO TO 30
 50 LET ob=1.1*z/100
```

```
  60 PRINT "Declive=";z;CHR$ 130
  70 LET e=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  80 LET x=115: LET y=88
  90 LET r=60: LET h=140
 100 GO SUB 190
 109 REM *************************
 110 REM   dibuja los anillos
 111 REM *************************
 120 FOR n=1 TO 1.6 STEP .1
 130 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
 140 LET sx=INT (SIN f*h)
 150 LET cy=INT (COS f*h/e)
 160 PLOT x+sx/n,y+cy/n
 170 NEXT f: NEXT n: STOP
 179 REM *************************
 180 REM  dibuja globo achatado
 181 REM *************************
 190 PLOT 0,y: DRAW 255,0
 200 PLOT x,10: DRAW 0,155
 210 FOR f=0 TO PI*2 STEP .02
 220 PLOT INT (x+SIN f*r),INT (y
+COS f*r*(.89+(.11*ob))): NEXT f
 229 REM *************************
 230 REM   dibuja el ecuador
 231 REM *************************
 240 FOR f=PI*.5 TO PI*1.5 STEP
.1: PLOT x+SIN f*r,y+COS f*r/e
 250 NEXT f: RETURN
9900 REM *************************
9990 SAVE "DivSaturno"
```

Planetas a través de un telescopio

a) ¿Cómo se ve de grande Júpiter con unos prismáticos de 10 aumentos?

b) ¿Son Marte y Mercurio tan pequeños, a veces, como Urano, cuando se les contempla a través del telescopio?

c) ¿Con qué rango de tamaños aparece Venus cuando está más cerca y cuando está más lejos?

Este programa responde a estas cuestiones, y nos da una impresión del tamaño relativo de todos los planetas cuando se les observa a través de cualquier telescopio cuyo aumento sea superior a 300. En la representación de la pantalla se incluyen el ta-

maño máximo y mínimo de cada planeta, en segundos de arco, y un disco a escala, de acuerdo con los aumentos introducidos. La figura 6.10 es una copia de la pantalla.

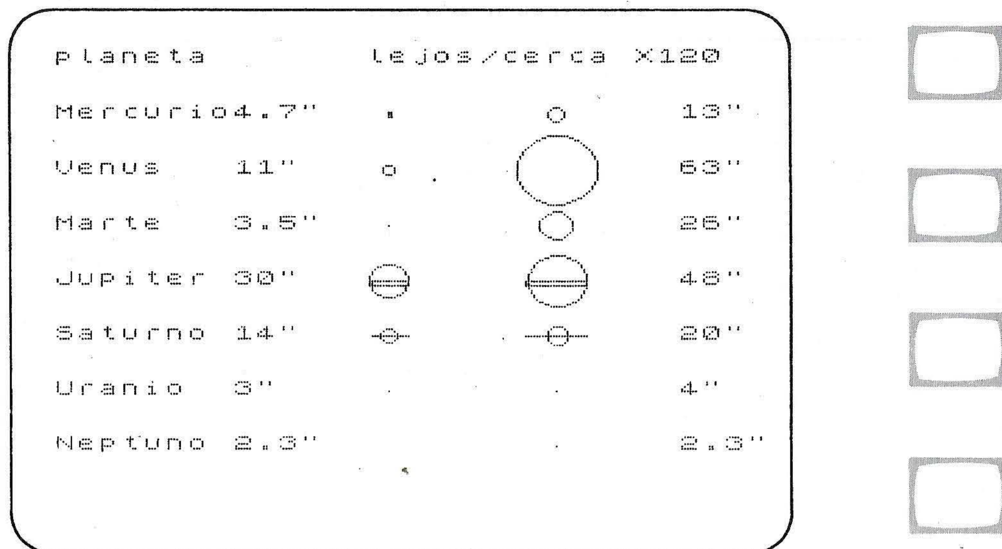


Figura 6.10. Tamaño relativo de los planetas en un telescopio con 120 aumentos.

La representación se hace sobre una pantalla negra (BORDER 0: PAPER 0; INK 9) y el contorno de cada planeta se colorea mediante una orden condicional INK en la línea 110, de acuerdo con los colores reales de los respectivos planetas: Marte es rojo, Júpiter y Saturno, amarillos, etc. A Júpiter se le han añadido dos cinturones ecuatoriales y a Saturno un sistema de anillos, de canto.

El programa

La exposición del programa es sencilla y clara, y contiene en la línea 90 los diámetros máximo y mínimo de los planetas, registrados en la línea 40. Ambos se leen (READ) en la línea 110, en la que *a*) es la variable del diámetro máximo, y *b*) la del mínimo de cada uno de los planetas. Para trazar los siete planetas se emplea un bucle FOR/NEXT.

Las órdenes CIRCLE de las líneas 130 y 140 producen el contorno de cada planeta, una vez que el ordenador ha leído los datos, modificados según la magnitud que se le haya facilitado, mediante la variable *c*). Los cinturones y anillos de Júpiter y Saturno se trazan y dibujan a sus escalas correctas, mediante las líneas 160 a 250. La línea 40 contiene las instrucciones para imprimir en la pantalla los nombres de los planetas. A menudo, resulta más económico utilizar esta combinación que las instrucciones

DATA/READ. Los tres apóstrofes (''') que hay entre los nombres de los planetas tienen la finalidad de "imprimir" dos líneas en blanco debajo de cada uno de los nombres.

Interpretación de los resultados

Para que la información sea significativa, han de interpretarse los resultados. El programa indica los tamaños máximos y mínimo con que pueden aparecer los planetas cuando se les contempla a través de un telescopio.

El diámetro mínimo se aplica cuando un planeta está a su máxima distancia de la Tierra, en la que se llama "conjunción superior" (cuando el Sol está entre el planeta y nosotros). En tales ocasiones, el planeta no puede observarse, debido a su proximidad aparente al Sol (esta retricción no es válida necesariamente para los radioastrónomos, que pueden comunicarse con la nave Vikingo y recibir datos de ella, desde la superficie de Marte, durante estos períodos de tiempo, pues las señales de radio se transmiten con un grado más o menos de la posición del Sol).

Cómo realizar una mejor observación

Todos los planetas de Marte a Neptuno aparecen a su mayor tamaño y se ven mejor cuando están al sur y a medianoche. La órbita de Marte es hasta tal punto excéntrica que cuando está en oposición no se le aprecia diámetro aparente. Mercurio y Venus están permanentemente más cerca del Sol que la Tierra y, a veces, puede ocurrir que pasen frente al Sol, es lo que se llama conjunción inferior. En esos casos, estos dos planetas son inobservables debido a su proximidad al Sol, incluso cuando se encuentran en su posición más cercana a la Tierra y su diámetro aparente es mayor. Las siluetas de Mercurio y Venus se pueden contemplar cuando se proyectan sobre el disco solar, pero sólo con un equipamiento especial.

En general, los planetas suelen verse con un tamaño intermedio entre el máximo y el mínimo. El rango de tamaños mayor corresponde a Venus, el planeta más cercano a la Tierra, y, el menor, a Neptuno, el más remoto.

```
9 REM ************************
10 REM  Planetas a traves del
      TELESCOPIO
11 REM ************************
20 LET d=120: LET e=180: BORDE
R 0: PAPER 0: INK 9: CLS
30 PRINT  PAPER 5;"planeta
 lejos/cerca"
40 PRINT  PAPER 1;''"Mercurio"
'''"Venus"'''"Marte"'''"Jupiter"
```

```
'''"Saturno"'''"Uranio"'''"Neptu
no"
  50 INPUT "aumentos X";c
  60 IF c>300 THEN  GO TO 50
  70 PRINT  PAPER 3;AT 0,26;"X";
c
  80 REM datos=diam. plan. "arco
  90 DATA 4.7,13,11,63,3.5,26,30
,48,14,20,3,4,2.3,2.3
 100 FOR n=1 TO 7
 110 READ a,b: INK 5+(1 AND n>3
AND n<6)-(3 AND n=3)
 120 PRINT AT n*3,8;a;CHR$ 34;TA
B 28;b;CHR$ 34
 129 REM ***********************
 130 CIRCLE d,INT (170-n*24),INT
 (a*c/500)
 140 CIRCLE e,INT (170-n*24),INT
 (b*c/500)
 150 NEXT n
 151 REM ***********************
 155 REM Cinturones Jup/Anillos
Saturno
 160 LET r=c/18: LET x=c/9
 170 LET r1=c/11: LET x1=c/5.5
 180 PLOT d,73-c/d
 190 DRAW r,0: DRAW -x,0: DRAW 0
,c/50: DRAW x,0
 200 PLOT d,50
 210 DRAW r,0: DRAW -x,0
 220 PLOT e,50
 230 DRAW r1,0: DRAW -x1,0
 240 PLOT e,73-c/d
 250 DRAW r1,0: DRAW -x1,0: DRAW
 0,c/50: DRAW x1,0
 259 REM ***********************
 260 PRINT #0; FLASH 1;"c para c
ontinuar": PAUSE 0: RUN
9900 REM ***********************
9990 SAVE "Discoplano"
```

Dibujo del globo mediante puntos

Desde que se inventó el telescopio y se descubrió que los planetas son mundos de formas similares a las de nuestra Tierra, los astrónomos han divivido cada uno de los globos planetarios de acuerdo a las familiares líneas de longitud y latitud, con un polo norte, otro sur y una línea ecuatorial. De los planetas gigantes gaseosos, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, sólo en el caso de Júpiter y, en menor grado, de Saturno, encierra un interés práctico un sistema tal. En Urano y Neptuno no se han detectado más marcas claras que las bandas de las regiones polares y ecuatorial, debido a su extrema lejanía. Saturno pone de manifiesto en muy raras ocasiones, algunas marcas identificables, originadas en el disco por la rotación del planeta. De estas consideraciones hemos de excluir al relativamente cercano Júpiter, que suele estar a una distancia comprendida entre cuatro y seis veces la del Sol, y sobre cuyo disco puede detectarse una gran riqueza de detalles con telescopios de aficionados, aunque tales detalles constituyen un problema.

Al ser Júpiter un mundo gaseoso que gira muy rápidamente, sólo se nos revela como referencia su compleja nube superior, en movimiento constante. Como la rotación de la zona ecuatorial es más rápida que la de las latitudes más altas, además, la esfera planetaria se distorsiona hasta tomar una forma de esferoide achatada por los polos. Y así, aunque con la potencialidad gráfica del Spectrum, que incluso puede tener en cuenta las formas achatadas de Júpiter y Saturno, es posible trazar un sistema reticular de longitud y latitud, no es eso lo que pretende el programa. Es mejor hacer algo más práctico.

Marte, Mercurio y la Luna

Los cuatro planetas interiores, Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, tienen superficies rocosas, y sólo Venus, que dispone de un manto permanente de densas nubes, se resiste a revelarla. Al grupo de cuatro debería añadirse la Luna, como si fuera un planeta gemelo de la Tierra. Todos pueden diseccionarse en parcelas, mediante las líneas de longitud y de latitud y someterse a una proyección global, pero los dos que encierran un interés práctico para los astrónomos aficionados son la Luna —obviamente— y Marte, único planeta —si exceptuamos a la Tierra— en el que el cambio de las estaciones y las marcas producidas por la rotación sobre la superficie del disco pueden tener utilidad para una observación telescópica casera. Los dos programas siguientes son particularmente útiles para convertir la proyección plana Mercator normal de, digamos, el mapa de Marte, en un globo —lo que hacemos para reconocer más fácilmente las características, especialmente cuando se representa en las regiones del limbo, es decir, adyacentes al borde del disco.

El programa

Para dibujar un globo mediante puntos separados por intervalos de 10° de longitud y latitud, hemos de utilizar la rutina corta de trazado de un globo mediante pun-

tos. La figura 6.11 es una copia de la pantalla. La escala de la copia proporciona, a través de la impresora ZX, un disco de 5 cm de diámetro, que es el tamaño que los astrónomos aficionados utilizan para hacer bosquejos de esos planetas, mientras los observan al telescopio.

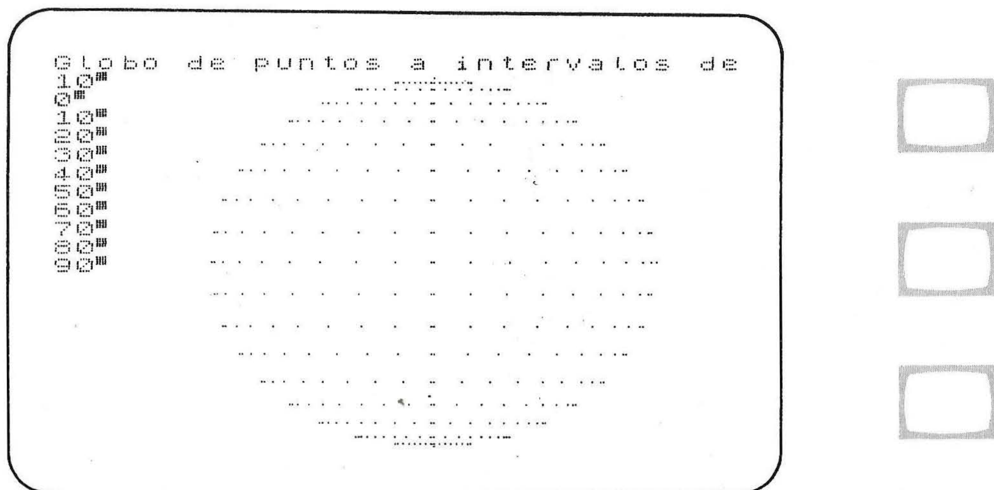


Figura 6.11. Globo planetario dibujado utilizando puntos con un intervalo de 10° en la latitud y en la longitud.

El programa emplea dos bucles FOR/NEXT para trazar cada uno de los puntos —el bucle 'z' para las líneas de longitud (verticales) y el 'n' para las de latitud (horizontales)—. Los resultados que se obtienen en la pantalla y en la copiadora ZX son precisos y exactos. Los STEPS en los bucles FOR/NEXT controlan la separación de los puntos de la forma siguiente:

FOR z = .001 TO 91 STEP 10

en la que la expresión STEP se refiere a cada 10° de longitud. Repara en que si bien estos STEPs están precisamente a intervalos de 10°, el valor real devuelto tiene el valor secuencial de:

.001, 10.001, 20.001, 30.001, 40.001, etc.

La adición de 001° (1/1.000 de grado, o 3.6'' —segundos— de arco) no produce efectos visibles en la posición trazada, pero asegura que el programa no se interrumpirá cuando tratemos de evaluar el seno (SIN) de 0°, que es infinito. El bucle 'n' toma la forma:

FOR n = 0 TO PI*2 STEP 1/r*10 (líneas de latitud)

en donde PI*2 origina un círculo completo y STEP1/r*10 es igual a un intervalo

STEP de 0.175 desde (1/(180/PI))*10, produciendo el espaciamiento de 10° requerido para la latitud.

Las líneas de la latitud son paralelas al ecuador, mientras que las líneas curvas de longitud se originan en los polos. La variable 'c' de la línea 60 controla el último trazado y la curvatura se produce mediante la línea 90.

Simulación de Júpiter

La simulación de Júpiter puede hacerse con una pequeña enmienda al programa: el globo achatado por los polos del planeta se consigue mediante la expansión de las regiones ecuatoriales, manteniendo las dimensiones polares o verticales. Modifica la línea siguiente:

90 LET b = COSn*80/c*1.08

el último valor de la expresión, es decir, *1.08 es el que produce la necesaria expansión.

```
   2 REM ************************
   3 REM      Globo de puntos
   4 REM ************************
  10 BORDER 0: PAPER 0: INK 5: C
LS
  20 PRINT  PAPER 1;"Globo de pu
ntos a intervalos de 10";CHR$ 13
0
  30 LET r=180/PI
  40 FOR z=.001 TO 91 STEP 10
  50 PRINT INT z;CHR$ 130
  60 LET c=1/SIN (z/r)
  70 FOR n=0 TO PI*2 STEP 1/r*10
  80 LET a=SIN n*80
  90 LET b=COS n*80/c
 100 PLOT  INK 6; INT (137+b), INT
 (85+a)
 110 NEXT n: NEXT z: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "globopunt."
```

"Proyección del globo"

Este programa dibuja un globo dividido mediante líneas de longitud y latitud, en lugar de dividirlo mediante simples puntos, como era el caso del programa de trazado de un globo mediante puntos.

El programa no es tan preciso como la rutina anterior, porque utiliza la orden de dibujo (DRAW) del Spectrum que, si bien proporciona una ejecución rápida, no puede producir las líneas elípticas apropiadas, sino simples arcos. Los errores principales se producen en los bordes del disco y en las regiones polares. A pesar de todo, la simulación produce un efecto satisfactorio y el usuario puede optar por mostrar una visión ecuatorial o polar. Aquélla debe girarse 12° en dirección norte o sur. Las figuras 6.12 y 6.13 son copias típicas de la pantalla del Spectrum. Las instrucciones REM muestran la estructura general del programa.

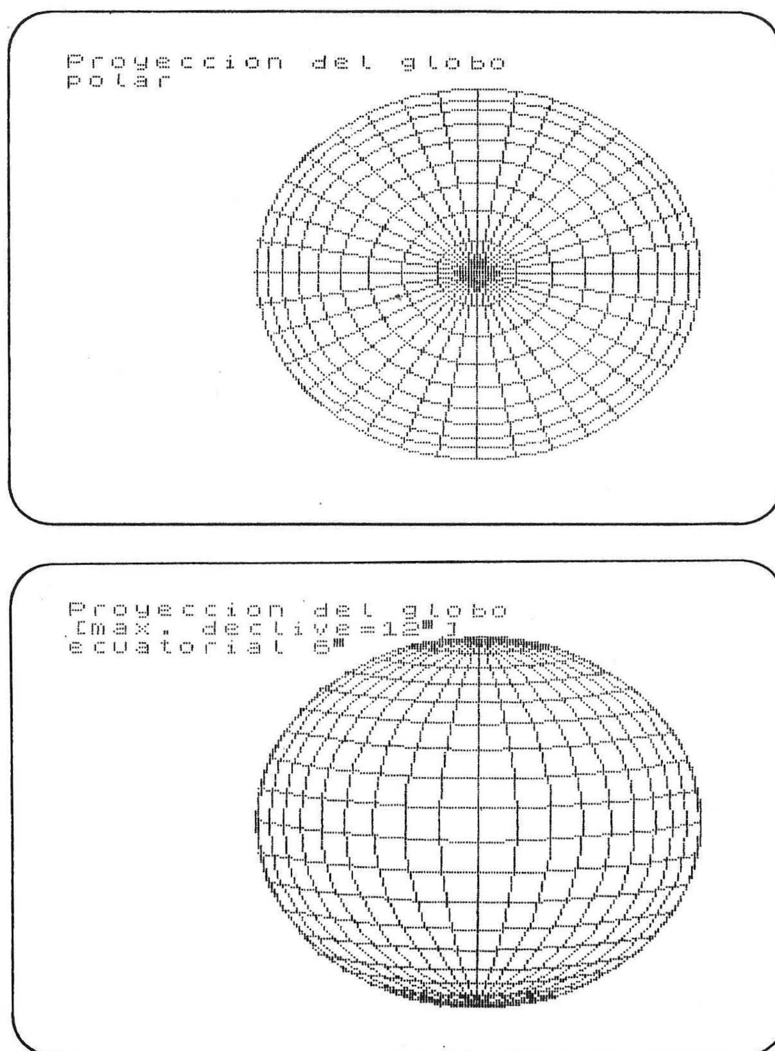
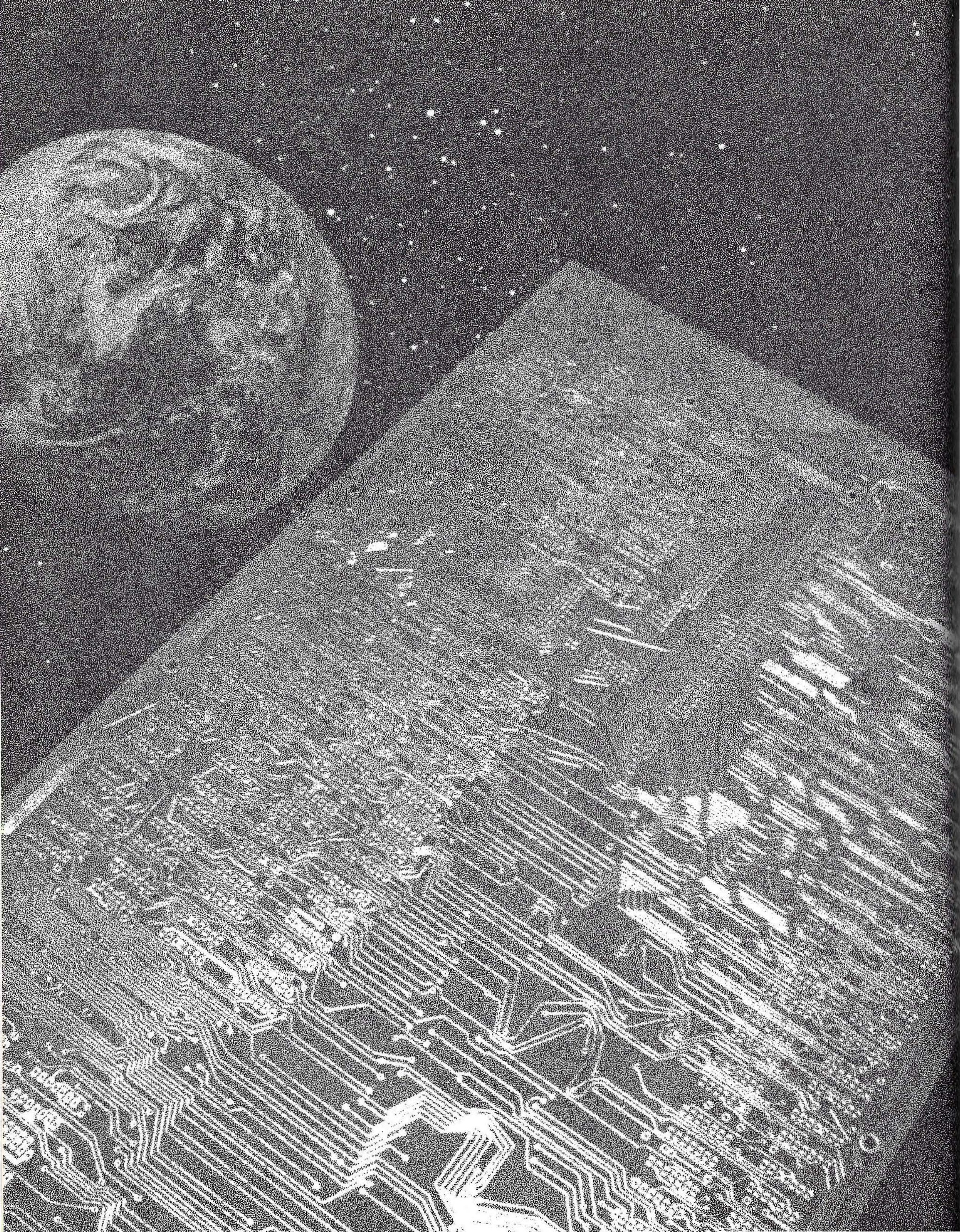


Figura 6.12. Dibujo del globo desde un punto de vista polar o ecuatorial.

```
  9 REM ************************
 10 REM   Proyeccion del Globo
 11 REM ************************
 20 REM *titulos iniciales
 30 BORDER 5: PAPER 5: CLS :
PRINT  PAPER 4;"Proyeccion del g
lobo"
 40 LET a=148: LET b=80: CIRCLE
 a,b,b
 49 REM ************************
 50 REM calcula la perspectiva
 51 REM ************************
 60 DIM x(9): DIM y(9)
 70 FOR n=1 TO 9: READ y(n)
 80 LET x(n)=63*(1.24*ATN (PI/
180*n*10.5)): NEXT n
 90 DATA 79,75,70,64,56,47,36,2
7,0: RESTORE
 99 REM ************************
100 REM seleccion
101 REM ************************
110 INPUT "polar o ecuatorial (
p o e)";a$: GO TO (a$="e")*120+(
a$="p")*270
119 REM ************************
120 REM dibuja arcos
121 REM ************************
130 PRINT "Ämax. declive=12";CH
R$ 130;"Ü"'"ecuatorial ";
135 INPUT "declive(-s)";k: IF A
BS k>12 THEN  GO TO 135
140 PRINT k;CHR$ 130: LET k=k/1
4
150 FOR n=0 TO 36 STEP 2
160 LET f=n-18: LET g=2.71
170 LET h=g*ATN (PI/180*-f*7.3)
180 PLOT a,0: DRAW 0,b*2,h
190 NEXT n
199 REM ************************
200 REM dibuja lineas latitud
201 REM ************************
210 PLOT a-b,b: DRAW b*2,0,k
```

```
 220 FOR n=1 TO 9: LET c=y(n)
 230 PLOT a+1-x(10-n),b+x(n)
 240 DRAW c*2,0,k
 250 PLOT a+1-x(10-n),-b+x(n)
 260 DRAW c*2,0,k: NEXT n: STOP
 269 REM ***********************
 270 REM dibuja lineas longitud
 271 REM ***********************
 280 PRINT "polar"
 290 FOR n=0 TO 72 STEP 2
 300 LET d=n/36*PI: LET z=b*SIN
d: LET yy=b*COS d
 310 PLOT a,b: DRAW z,yy: NEXT n
 319 REM ***********************
 320 REM dibuja anillos latitud
 330 FOR n=1 TO 9
 340 CIRCLE a,b,x(n): NEXT n
 350 STOP
9900 REM ***********************
9990 SAVE "Globo" LINE 1
```



Capítulo 7

Sistemas estelares

Nuestro Sol es una estrella bonita, de tamaño medio y sin interés, para como son las cosas del universo. Tanto la evolución como la supervivencia de las formas vivientes de nuestro planeta, han dependido de su constante potencia luminosa y calorífica desde hace cientos de millones de años, en que no se ha producido ninguna explosión solar. Además, el Sol es bastante pequeño en términos estelares, lo que constituye una característica favorable a su longevidad. Las estrellas mayores suelen consumir su energía con el doble de rapidez.

Los astrónomos emplean una escala llamada magnitud absoluta para calibrar la verdadera luminosidad de las estrellas, considerando que todas se encuentran a la misma distancia de la Tierra. Ésta escala opera a una distancia de 10 ''parsecs'', unos 33 años luz.

A esta distancia, nuestro Sol sólo se podría contemplar, a simple vista, en una noche oscura y nítida, con una magnitud aparente de 4,7 (en el programa dedicado a la magnitud estelar del capítulo 8 se explica la magnitud aparente). Como contraste, la estrella Rigel, en Orión, tendría una magnitud de —7 a esta distancia, que eclipsaría incluso al planeta Venus, en el mejor de los casos. Para demotrar que nuestro Sol sólo es de mediana ''categoría'', consideremos que, en la zona opuesta de esta escala, la estrella más cercana a la Tierra, con excepción del Sol, es Próxima Centauri, una enana roja; contemplándola a 10 ''parsecs'', su brillantez normal disminuiría de 10,7 a 15,0;

Nuestro Sol es también bastante conservador, al no tener una estrella compañera que orbite a su alrededor, aunque, en compensación, tiene una bonita familia de planetas. Dos estrellas no se excluirían mutuamente, como pudiera suponerse, pero el hecho de compartir los campos gravitatorios entre dos estrellas haría estragos en las distancias orbitales y propiciaría un ambiente inhabitable. Los siguientes programitas permiten que dos a tres estrellas giren unas alrededor de otras. Éste es el tipo de objetos que atrae la atención de los astrónomos, más que estrellas solitarias de magnitud 4,7.

Órbitas de sistemas triestelares

El programa que presentamos a continuación permite colocar a dos estrellas compañeras en órbita alrededor de otra estrella. El diámetro de estas tres estrellas se pue-

de seleccionar a voluntad y deberá ser distinto para cada una. La órbita en sí puede experimentar una desviación angular, desde 0° (para el punto de mira vertical) hasta 90° (para el punto de mira horizontal). Las estrellas con diámetros bastante grandes (datos de entrada de 10 a 20) y pequeña inclinación orbital (datos de entrada de 0 a 20), presentan un aspecto orbital particularmente interesante, ya que, en este caso, las estrellas pueden eclipsarse mutuamente.

El programa utiliza dos bucles FOR/NEXT, el "f" para calcular la órbita, y el "n" para dibujar la órbita de la estrella. El bucle "n" utiliza la instrucción de OVER 0 para producir la ilusión de movimiento a lo largo de la órbita, mediante la aparición y desaparición de la estrella correspondiente. Todas las estrellas dejan una estela detrás de sí, mediante las órdenes de trazado (PLOT) de las líneas 130 y 140. La estrella central se dibuja solamente una vez mediante el contenido de la línea 90, y permanece fija durante la representación.

El programa

La base de este programa es una versión más del programa de elipses. Si se omitiese la variable "z" de la línea 120 (junto con el signo /), las órbitas serían circulares, puesto que dicha variable, por medio de las líneas 30 y 40, hace que el círculo se comprima hasta formar una elipse, de acuerdo con el valor que se haya dado al declive. El máximo radio de la órbita se proporciona mediante la variable "h", hasta un valor de 60. Esto se hace para evitar que el programa se rompa cuando se introduce una instrucción de inclinación de 90° y otra de 20 para el diámetro de las órbitas de las estrellas 2 y 3, ya que entonces, el dibujo sobrepasaría los límites superior e inferior de la pantalla. La figura 7.1 proporciona una representación típica de órbitas.

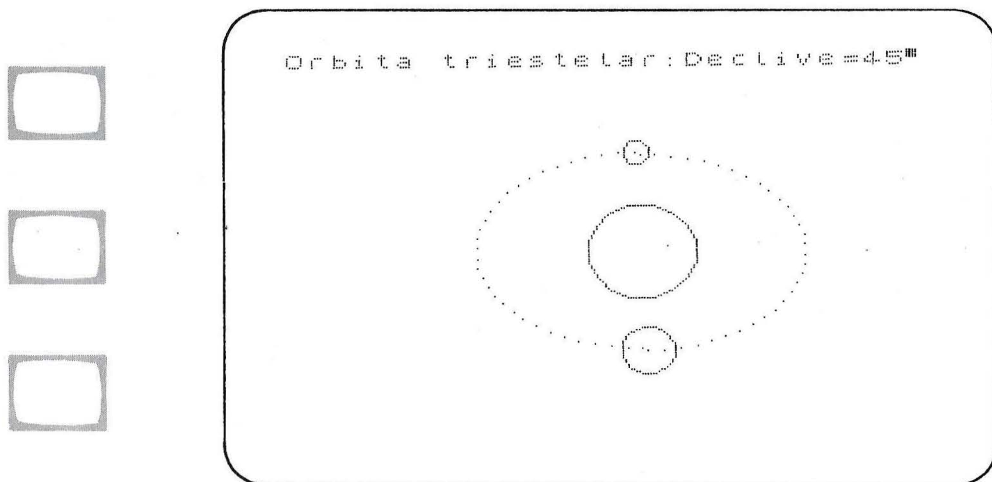


Figura 7.1. Sistema estelar con dos estrellas pequeñas orbitando alrededor de una mayor.

Órbitas lagrangianas

La órbita simple compartida por dos estrellas compañeras es relativamente inestable, ya que las más mínimas perturbaciones (desajustes gravitatorios) provocarían la caísa del sistema ordenado con dos objetos opuestos diametralmente en la misma órbita. Una estrella podrá adelantar a la otra, con bastantes posibilidades de colisionar, o de que la mayor de las dos absorva a la menor.

Una vez señalado esto, digamos que, de hecho, hay en una órbita dos puntos en los que la estrella menor (o un planeta que se encuentre en la misma situación) está razonablemente a salvo de esta catástrofe. Se trata de los llamados puntos lagrangianos. Emplazados encima o detrás de otro cuerpo que recorre una órbita, a unos 60°, forman un triángulo equilátero perfecto con la estrella central. Cuando comienza el programa, se calcula una sola posición orbital, mediante las líneas 110 y 120. La posición de la segunda estrella se refleja simplemente mediante los valores negativos de la línea 170. Retoca el programa que simule a dos estrellas lagrangianas en órbitas lagrangianas:

```
111LET sx1 = INT (SIN (f + 2)*h)
121 LET cy1 = INT (COS (f + 2)*h/z)
140 PLOT z — sx1,y — cy1
170 CIRCLE x — sx1,y — cy1,d3
```

Si añadimos un valor apropiado de 2 a "f" en las líneas 111 y 121, el segundo cuerpo avanza por su órbita hasta que los tres cuerpos forman un triángulo equilátero. Obviamente, la órbita aparece comprimida para cualquier inclinación de órbita menor de 90° —vista sobre un plano.

Téngase en cuenta que, con excepción de algunos asteroides asociados al planeta Júpiter y su órbita, no tenemos evidencia de que existan estrellas con órbitas lagrangianas, por lo cual es razonable presumir que, si hubo algún sistema estelar de este tipo, la órbita debería haber sido lo bastante grande en relación al diámetro de las estrellas como para que tuviera una estabilidad razonable y evitase efectos de marea sobre la superficie de las estrellas.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Orbita triestelar:";
  11 REM ************************
  30 INPUT "Declive de la orbita
(0";CHR$ 130;"a 90";CHR$ 130;")"
;z
  35 PRINT "Declive=";z;CHR$ 130
  40 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  50 INPUT "Diam. est. 1(1-20)";
d1
  60 INPUT "Diam. est. 2(1-20)";
d2
```

```
  70 INPUT "Diam. est. 3(1-20)";
d3
  80 LET x=128: LET y=88
  90 LET h=60: CIRCLE x,y,d1
 100 FOR f=0 TO PI*2 STEP .1
 110 LET sx=INT (SIN f*h)
 120 LET cy=INT (COS f*h/z)
 130 PLOT x+sx,y+cy
 140 PLOT x-sx,y-cy
 150 FOR n=0 TO 1: OVER 1
 160 CIRCLE x+sx,y+cy,d2
 170 CIRCLE x-sx,y-cy,d3
 180 OVER 0: NEXT n: NEXT f
 190 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "triest."
```

Órbita estelar binaria

Este programa es un juguete, comparado con el de "Órbita de tres estrellas", pero, al menos, sabemos que es bastante común entre los sistemas estelares. De hecho, hay un porcentaje bastante alto de estrellas binarias, y la expresión se utiliza mucho antes de que se adaptara a la terminología de los ordenadores. Las copias de muestra de la pantalla ponen de relieve resultados típicos, mediante la variación de la entrada de la inclinación de la órbita y el diámetro de las dos estrellas que la componen. Como hemos dichos antes para la órbita de tres estrellas, estrellas de pequeña inclinación de órbita y un gran diámetro simulan efectos de eclipse. Veáse la figura 7.2.

Orbita estelar-binaria:
declive=30

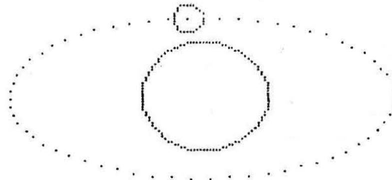


Figura 7.2. Una pequeña estrella compañera, en órbita alrededor de una gran estrella central.

Centro de gravedad mutuo

Habrás reparado en que, en los dos programas anteriores, la estrella central permanece fija, lo que implica que la masa de la estrella central (o estrellas) que gira en torno a ella es insignificante. Sin embargo, en algunos sistemas estelares, la masa de las estrellas que lo componen puede no ser muy diferente, y las estrellas girarán alrededor del centro de gravedad común al sistema, como en la figura 7.3

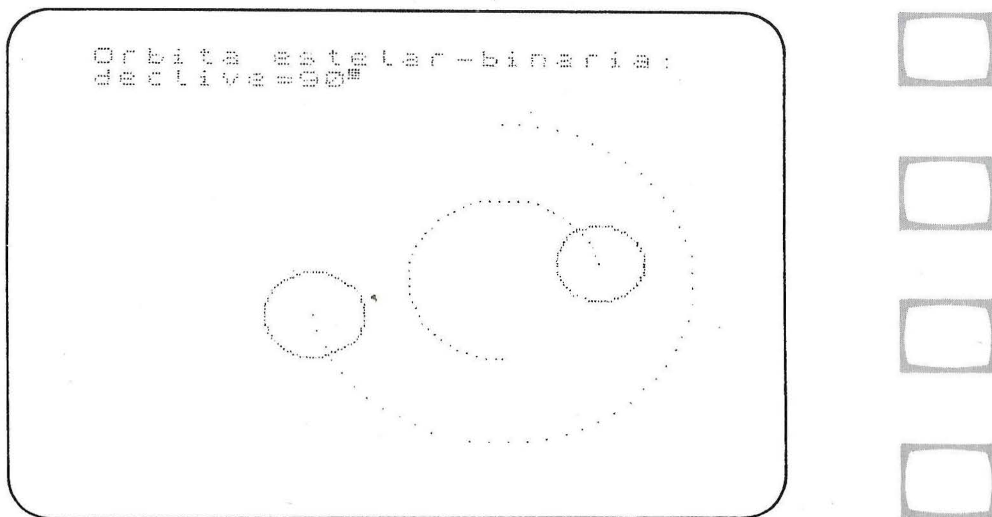


Figura 7.3. Dos estrellas de masas similares en órbita alrededor de un centro de gravedad común.

De la misma forma que un sistema binario tiene mayor relación con la órbita de tres estrellas, si se introducen las modificaciones indicadas anteriormente para la órbita lagrangiana, es más fácil tratarlo con este programa, como una modificación más del programa de órbita de tres estrellas. Pero como pensamos que se ha introducido el programa órbita binario de estrellas, efectuamos las siguientes modificaciones para órbitas que tienen, más o menos, el mismo centro de gravedad.

```
80 LET h = 60: PLOT x, y
101 LET sx1 = INT (SIN f*h/2)
111 LET cy1 = INT (COS f*h/z/2)
121 PLOT x—sx1, y—cy1
141 CIRCLE x—sx1, y—cy1, d1
```

La instrucción de trazado (PLOT) de la línea 80 hace que el centro de gravedad del sistema se indique con un punto. Las líneas 101 y 111 hacen que el ordenador calcule la posición orbital de la estrella central, desviada ahora de un punto fijo. El

último valor, 2, controla el radio de la órbita de la estrella central. Prueba con otros valores, de 1 a 5, y observa el efecto que se produce. Un valor menor que 1 (0,7, por ejemplo) hace que la órbita de la estrella central anterior esté más lejos que la órbita anterior. Pon atención en el hecho de que las órbitas queden dentro de la pantalla, pues si no es así, el programa se parará.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Orbita estelar-binar
ia:";
  11 REM ************************
  20 INPUT "Declive de la orbita
(0";CHR$ 130;"a 90";CHR$ 130;")"
;z
  30 PRINT '"declive=";z;CHR$ 13
0
  40 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  50 INPUT "Diam. est. 1(1-20)";
d1
  60 INPUT "Diam. est. 2(1-20)";
d2
  70 LET x=128: LET y=88
  80 LET h=60: CIRCLE x,y,d1
  90 FOR f=0 TO PI*2 STEP .1
 100 LET sx=INT (SIN f*h)
 110 LET cy=INT (COS f*h/z)
 120 PLOT x+sx,y+cy
 140 FOR n=0 TO 1: OVER 1
 150 CIRCLE x+sx,y+cy,d2
 170 OVER 0: NEXT n: NEXT f
 180 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "Binario"
```

Espirales

No quisiera inducirte a pensar que los programitas siguientes tengan una relevancia estricta para la astronomía. Al incluirlos, quiero encontrar principalmente una aplicación a los gráficos espirales que el Spectrum está capacitado para realizar tan fácilmente. Tales figuras tienen cierta conexión con la Astronomía en tres campos:

1) Nuestra galaxia, Vía Láctea, tiene forma de espiral.
2) Algunas estrellas binarias exóticas pierden materia, dejando en el espacio una especie de estela gaseosa.
3) Sombra de un sistema binario con eclipse que recorre el espacio.

Sombra de un eclipse binario

El programa de espiral básica también podría imitar la tercera opción para el eclipse de la estrella Algol en Perseus, durante el cual la compañera más mortecina eclipsa a la más brillante cada 70 horas, contemplada desde nuestro punto de vista en el espacio. Pero como Algol dista de nosotros 100 años luz, no podemos apreciar los acontecimientos cuando se producen, sino 100 años y 12.500 eclipses más tarde. El espacio que media entre Algol y la Tierra está dividido en intervalos de 70 horas luz, por este "efecto sombra", en una espiral continua, como si se tratara de un disco musical gigante que tuviera su centro en Algol.

El programa representa solamente los cinco primeros barridos del efecto sombra en las proximidades de Algol, a una distancia de unos 15 días luz, en intervalos de una hora.

El programa (en la figura 7.3) plantea también una paradoja interesante, concerniente a la velocidad finita de la luz (y de cualquier forma física) de 300.000 km/seg.

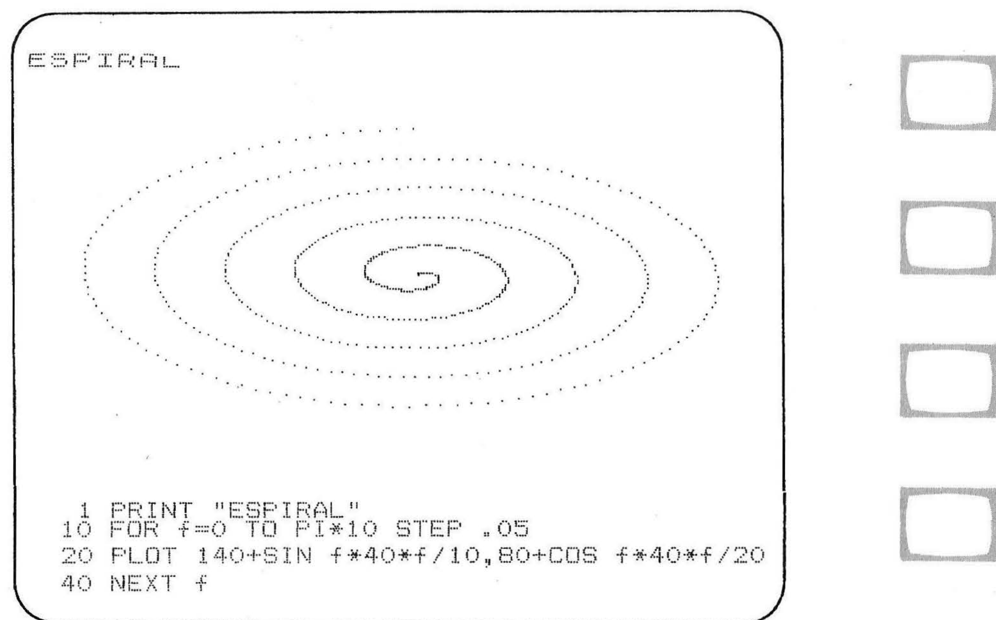


Figura 7.3. Espiral simple.

Como la órbita de la compañera de Algol es constante, lo mismo que las revoluciones de un disco, la velocidad del efecto sombra en este disco, lejos del centro, multiplicará pronto la velocidad de la luz miles de veces en las proximidades de la Tierra. Así, a pesar de que la velocidad de la luz es finita, parecería que la sombra (la ausencia de luz) puede moverse a una velocidad infinita.

Galaxia espiral

Los programas "Espiral doble" (Fig. 7.4) y "Espiral doble 2" (Fig. 7.5) podrían representar muy bien la forma espiral de muchas galaxias que son los objetos más grandes que se conocen en el universo. Sólo describimos aquí dos "brazos" como se les llama, aunque algunas galaxias pueden tener muchos más.

El programa es idéntico al primero de esta serie, Espiral, si exceptuamos la inclusión de una segunda línea de trazado para el segundo brazo, en la línea 30. Observa que los valores de SIN y COS son ahora negativos, a fin de que la segunda espiral se imprima a —180° de la primera.

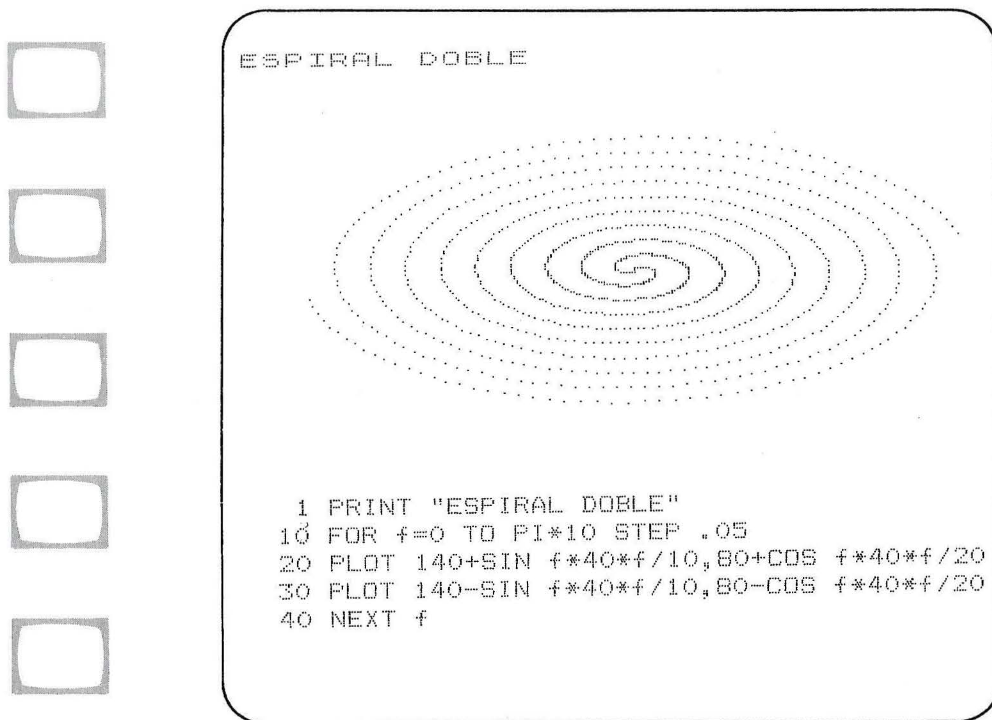


Figura 7.4. Espiral doble.

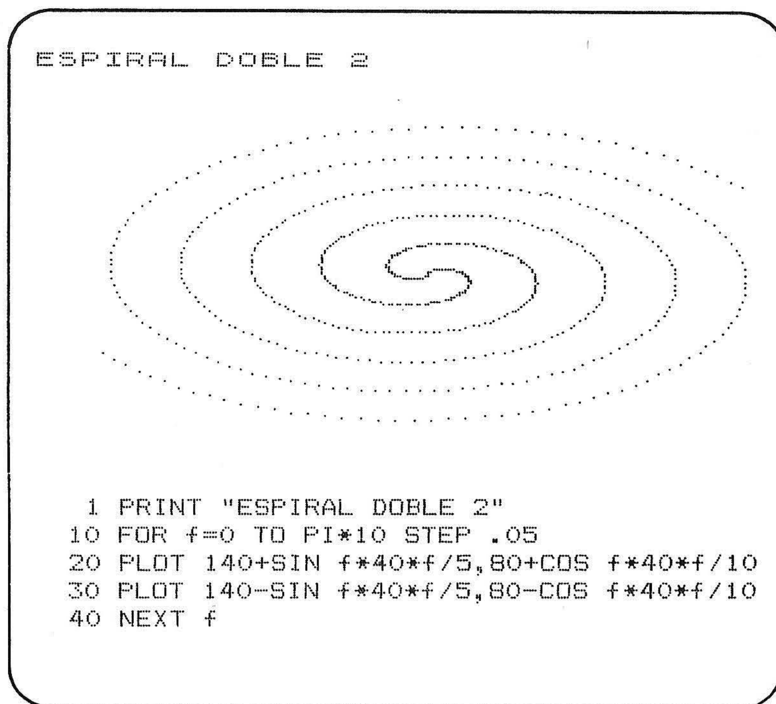


Figura 7.5. Espiral doble 2.

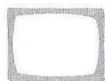
El trazado se controla mediante el bucle FOR/NEXT f para cinco vueltas a la órbita (PI*10) con un valor de incremento (STEP) de 0,05. La variación del incremento alterará el intervalo que se está trazando. Para que los brazos de la espiral doble 2 estén más espaciados, hemos de dividir por la mitad los valores aplicados a la variable f en las líneas 20 y 30 de la forma:

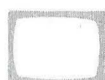
SIN ... f/5 and COS ... f/10

Al ser el segundo valor (10) doble que el primero (5), la espiral se representa como si estuviera inclinada, ya que el eje mayor (el horizontal) mide el doble que el menor (el vertical). Trata de corregir estas proporciones con un número mayor o menor, de la forma:

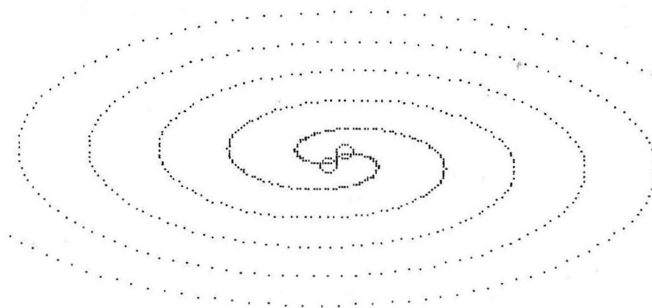
COS ... f/(valor nuevo)

Esto se debe hacer con idénticos valores en las líneas 20 y 30. Algunas permutaciones pueden provocar la ruptura del programa, al intentar dibujar fuera de los límites de la pantalla.




ESPIRAL DOBLE 3



```
 1 PRINT "ESPIRAL DOBLE 3"
 3 LET a=140: LET b=80
 5 CIRCLE a+3,b+3,3
 6 CIRCLE a-3,b-3,3
10 FOR f=0 TO PI*10 STEP .05
15 LET x=SIN f*40*f
16 LET y=COS f*40*f
20 PLOT a+x/5,b+y/10
30 PLOT a-x/5,b-y/10
40 NEXT f
```

Figura 7.6. Espiral de estrellas gaseosas.

Espiral de estrellas gaseosas

El último programa de esta serie (Fig. 7.6) se ejecuta de la misma forma que el programa espiral doble, aunque lo hemos vuelto a escribir de forma más cuidada. Con el fin de representar un sistema binario cerrado que ''desperdiga'' materia por el espacio que le rodea, cuando las estrellas giran una en torno a la otra en violento conflicto, se añaden dos pequeños círculos que representan a las estrellas. Sabemos que no se han podido contemplar hechos como éstos, pero se han deducido mediante el análisis del espectro a través del espectroscopio de telescopios gigantes. Podrías dar a este programa algo más de realismo utilizando como orden directa, antes de hacer que el ordenador ejecute el programa:

BORDER 0: PAPER 0: INK 2: CLS: RUN

También puedes añadir algunos efectos de color en el origen de la cola gaseosa, entre las dos estrellas, mediante una línea adicional:

12 PLOT INK RND*9; a,b

Como esta línea afectará al color de la posición de pantalla donde están las dos estrellas, éstas se verán también afectadas.

Galaxia

Este programa permite al usuario simular el aspecto que tendría probablemente nuestra galaxia, Vía Láctea, si se la contemplara desde el espacio intergaláctico. Utiliza un tipo de representación en vídeo inverso (BORDER 0: PAPER 0: INK 7) y aparecerá con claridad casi fotográfica. Las reproducciones (Figs. 7.7 y 7.8) son meras sombras del efecto en pantalla.

El usuario puede dar una inclinación cualquiera a la galaxia, con ángulos comprendidos entre 0° (vertical) y 90° (horizontal), mediante la variable t. El programa, en sí mismo, está dividido en cinco secciones, como indican las instrucciones REM. Puede ser interesante que los expliquemos un poco, comenzando por la rutina de las líneas 100 a la 150 que dibuja la galaxia. Aquí, dos bucles FOR/NEXT pintan las estrellas para formar una espiral de seis brazos en la línea 130 y el centro de la galaxia en la línea 140. El constante uso de la instrucción RND para calcular números aleatorios provoca un efecto maraña de distribución de estrellas que se sabe que existe. La variable tt, que toma inicialmente el valor de t (el declive introducido) controla la longitud actual del bucle FOR/NEXT n y limita el número total de estrellas pintadas en esta sección. En efecto, para ángulos de declive pequeño, aparecerán pocas estrellas, porque se tapan unas a otras. Por eso hay pintadas pocas estrellas.

La secuencia siguiente, desde la línea 160, dibuja la maraña de "enjambres globulares" que forman una capa esférica que gira en torno al centro de la galaxia. Cada uno de los puntos representa a cientos de millares de estrellas.

Comentarios a la pantalla

El objeto de esta sección, que comienza en la línea 220, es puntualizar lo que se ha dibujado con observaciones a cada una de las secuencias mediante instrucciones PRINT. Observa que todas las líneas (PRINT) son de la misma longitud, 32 caracteres, con lo cual no necesitamos borrar las observaciones previas, ya que podemos limitarnos a escribir encima de ellas. La línea 230 ubica la instrucción PRINT como una rutina GOSUB separada.

La secuencia final de la línea 270 indica la inmensidad del universo al trazar un radio de 2.000 años luz en torno al Sistema Solar (que, a esta escala, sería completamente invisible). Pero un telescopio colocado en el planeta Tierra alcanza hasta 15.000.000.000 años luz en el espacio intergaláctico, a través de una superficie colectora de 200 pulgadas solamente (reflector Hale). Para dar una idea de la escala, si el circulito de la parte central derecha de la pantalla (que representa nuestro Sistema Solar) fuera una partícula subatómica de 0,000 000 000 01 milímetros de diámetro, la pantalla representaría una superficie de unos 30 kilómetros a la redonda de la partícula.

Radio desde el Sol 0=2000 A.L.
(Cuyo periodo para orbitar la
galaxia es de 225 mill. de años.

Galaxia
Declive=0º
100000 AL

Figura 7.7. La Vía Láctea vista de perfil. Todas las estrellas que se ven a simple vista desde la Tierra están dentro del circulito de la derecha.

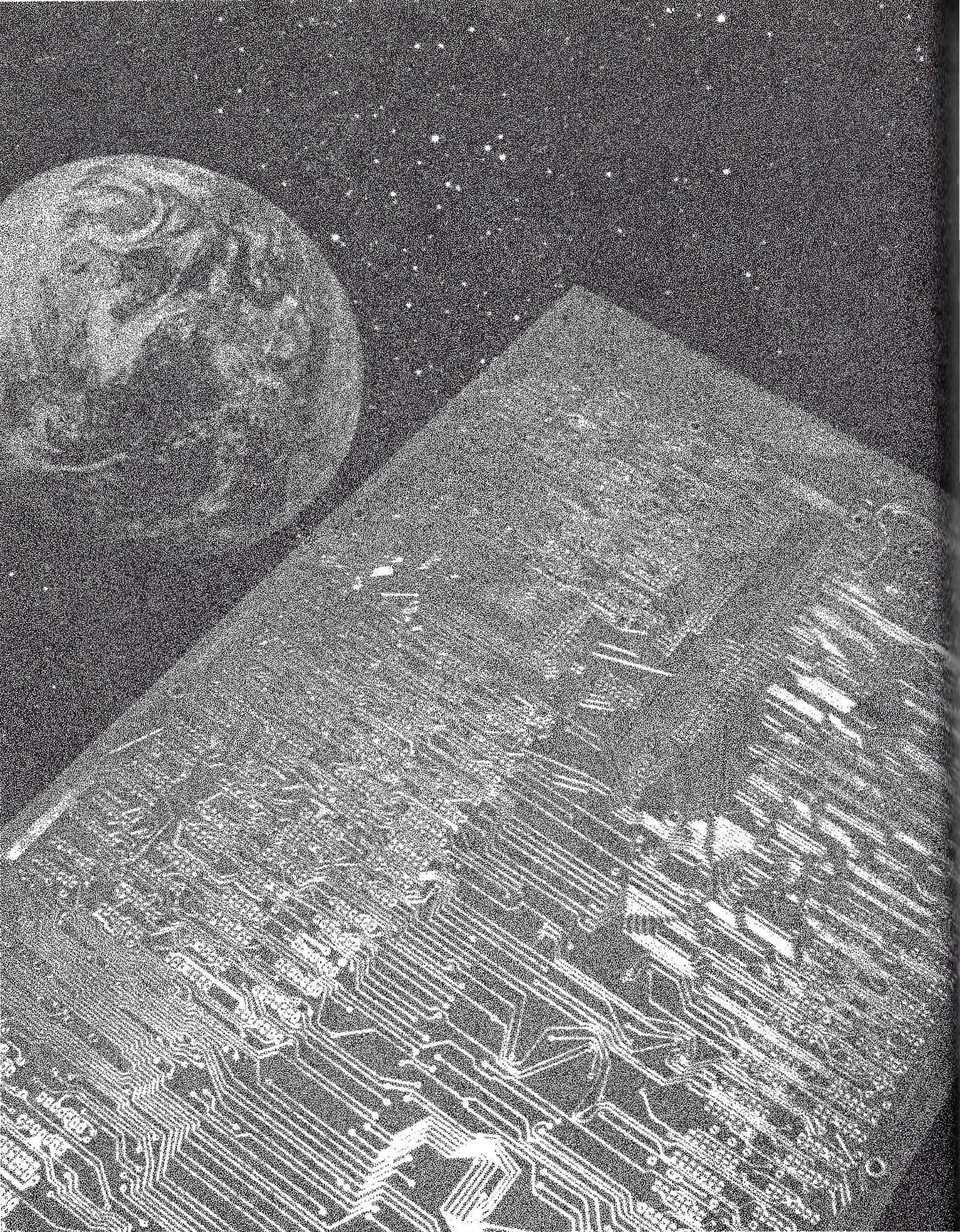
Radio desde el Sol 0=2000 A.L.
(Cuyo periodo para orbitar la
galaxia es de 225 mill. de años.

Galaxia
Declive=45º
100000 AL

Figura 7.8. La disposición en espiral de los brazos de la galaxia se hace evidente al representarla de frente.

```
    9 REM ************************
   10 REM          Galaxia
   11 REM ************************
   15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ n: POKE f,n: N
EXT f: REM e e
   16 DATA 56,0,120,68,68,68,68,0
   20 BORDER 0: PAPER 0: INK 7
   30 CLS : LET z=75: LET x=148:
LET y=80
   39 REM ************************
   40 REM   Seleccion y titulos
   41 REM ************************
   50 PRINT AT 20,0;"Galaxia"'"De
clive=";: INPUT "0";CHR$ 130;"a
90";CHR$ 130;t
   60 PRINT t;CHR$ 130;TAB 9;"<
                   >";AT 20,14;"1000
00 AL": LET tt=t
   70 PLOT 76,3: DRAW  OVER 1;143
,0: GO SUB 230: GO SUB 240
   80 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
   89 REM ************************
   90 REM    dibuja la galaxia
   91 REM ************************
  100 LET q=4+1/t*6
  110 FOR n=1 TO tt/10+2
  120 FOR f=1 TO z
  130 PLOT x+f*(SIN f)+RND*q,y+f*
COS f/t+RND*q-2
  140 PLOT x+f*SIN f/4+RND*3,y+f*
COS f/6+RND*2
  150 NEXT f: NEXT n
  159 REM ************************
  160 REM dibuja cumulos globul.
  161 REM ************************
  170 GO SUB 230: GO SUB 250
  180 FOR f=1 TO z
  190 PLOT x-10+f*SIN f+RND*20,y-
10+f*COS f+RND*20: NEXT f
  200 GO SUB 230: GO SUB 260
  210 STOP : REM  Final
```

```
 219 REM ************************
 220 REM Comentarios de pantalla
 221 REM ************************
 230 PRINT AT 0,0;: RETURN
 240 PRINT  FLASH 1;"Centro gala
ctico y brazos"'"espirales.": RE
TURN
 250 PRINT  FLASH 1;" dibujando
cumulo estelar ": RETURN
 260 PRINT  FLASH 1;"Radio desde
 el Sol O=2000 A.L.  (Cuyo perio
do para orbitar la   galaxia es
de 225 mill. de a os."
 269 REM ************************
 270 REM dibuja circ. de 2000 AL
 271 REM ************************
 280 CIRCLE   FLASH 1;x+52,y,3
 290 RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Galaxia"
```



Capítulo 8

Cartas estelares

Las cartas estelares constituyen el "catálogo" del astrónomo aficionado. El número total de estrellas que contienen es de tal magnitud, que el usuario del Spectrum (o un sensato usuario de cualquier otro microordenador) debería perder toda esperanza de competir con ellas.

Por ejemplo, el *Tirion Star Atlas 2.000,0* (que en esta obra denominamos simplemente como *Tirion)* contiene unas 45.000 estrellas y objetos del recóndito cielo.

Para que nos hagamos una idea del alcance de la tarea que habría de abordar el usuario del Spectrum, consideremos que el 99 por 100 de una carta estelar contiene espacios vacíos, que todas las estrellas de Tirion se pueden contemplar con unos prismáticos de 10 × 50, y que con un telescopio pequeño se pueden ver millones.

El usuario de cartas estelares que trabaje con microordenadores debería concentrarse en las técnicas de manipulación de datos o de paginación rápida de resultados, para representarlos, más que en pretender que la máquina dibuje con exactitud un elevado número de estrellas. Con esta intención se han realizado los programas que presentamos a continuación.

Mapas estelares (sólo para el Spectrum de 48 K)

El trazado de mapas estelares no es, en sí mismo, la ocupación más fructífera que puedes dar al Spectrum. Para ello deberías consultar mejor un buen libro, como el *Norton* o el *Tirion.* Además, los atlas como los citados marcan la posición y gradúan el tamaño del punto relativo a la magnitud estelar con una precisión que es imposible de conseguir con un micro o incluso con un miniordenador. Éste desprecia todos los datos de nombres o códigos de estrellas, estrellas de brillo variable y objetos de los catálogos *Messier* y *"New General",* pues enmarañarían la pantalla y la harían incomprensible.

Todo cuanto decimos no es óbice, sin embargo, para que probemos a hacer satisfactoriamente una presentación instantánea y sencilla de un mapa estelar. Como astrónomo, creo necesario que desafiemos la pésima calidad de algunos trabajos publicados en este campo.

Quizás tenga aún más importancia el hecho de que este programa muestra una técnica de manipulación y utilización de datos almacenados en matrices CHR$ para dibujar estrellas.

En su forma final, puedes seleccionar, por medio de un número (tal como se indica en la figura 8.1), de una a tres opciones para representar una cualquiera de las 30 constelaciones mencionadas como modelos de estrellas, orientadas todas correctamente (el norte de la parte superior; el este, a la izquierda) a gran escala. Las coordenadas celestes en AR y Dec para el centro de la pantalla, se representan juntas con una escala en grados.



Figura 8.1. Opciones del programa "Mapas de estrellas".

Alternativamente, puedes representar un mapa estelar, a escala reducida, de todas las constelaciones visibles durante cualquiera de las cuatro estaciones, con el nombre de cada constelación.

La opción final consiste en un mapa estelar completo de 30 constelaciones, que contiene 310 estrellas en una franja panorámica del cielo. A pesar de que la reducida escala de la última opción resalta la limitada capacidad de resolución de la pantalla señalada al principio del capítulo, los resultados serán agradables de contemplar.

Cómo copiar la pantalla

Los mapas estelares se muestran en vídeo inverso, mediante un cielo de color negro (PAPER 0), con las estrellas en blanco (INK 9, para contrastar). Se incluye también una instrucción para sacar una copia de la imagen de la pantalla, a través de la impresora ZX, en la que, por supuesto, se obtendrá un negativo de los mapas este-

lares: fondo blanco, con las estrellas en negro. Tenemos que aceptarlo así porque, francamente, la impresora ZX es incapaz de ofrecer una auténtica presentación invertida (INVERSE), que, además, en el caso de un mapa estelar, quedaría casi totalmente (en un 99,9 por 100) en negro. Los mapas estelares se han diseñado pensando en las posibilidades de la impresora ZX, y hemos considerado muy atentamente la presentación en pantalla, tanto monocroma, como en color. En las figuras 8.2, 8.3 y 8.4 presentamos una muestra de mapas estelares.

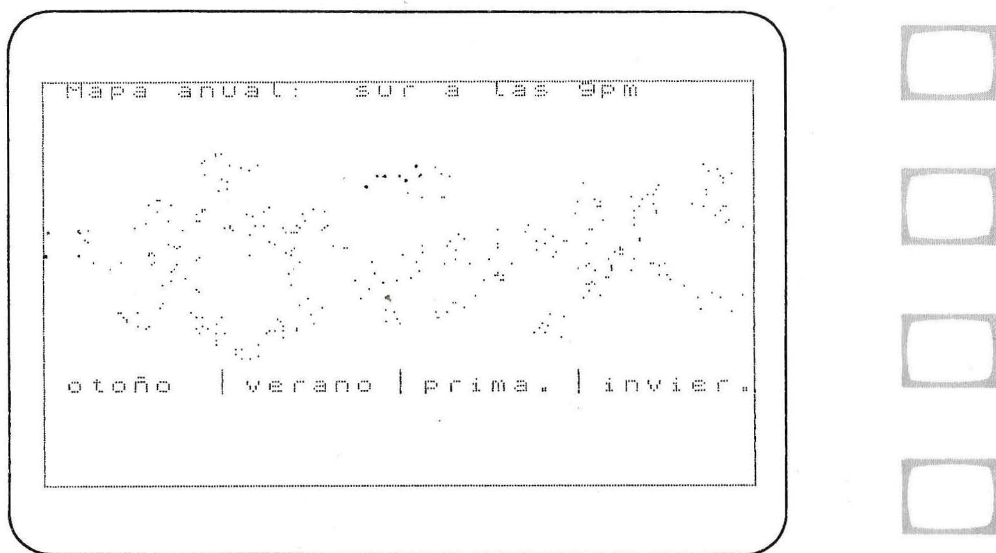


Figura 8.2. Mapa estelar completo con 30 constelaciones y 310 estrellas. Obsérvese la Osa Mayor en la parte central superior como referencia.

Reconocimiento de una constelación

No hemos intentado diferenciar las magnitudes estelares mediante puntos de distinto tamaño, aunque más adelante, en este mismo capítulo, explicamos un método para hacerlo. La magnitud estelar que se puede reproducir en estas cartas estelares abarca desde 3,5 a 4,5. Para conseguir que cualquiera de las estrellas fuera más mortecina, deberían incrementarse notablemente los datos y desordenar la pantalla. El orden en el que se traza cada estrella tiene como misión ayudar a reconocer esa constelación en particular. Pero la velocidad del Spectrum, que solo tarda un segundo en dibujar una constelación típica, puede resultar demasiado rápida para la vista de algunos, por lo cual se puede ralentizar la acción eligiendo la "opción lenta".

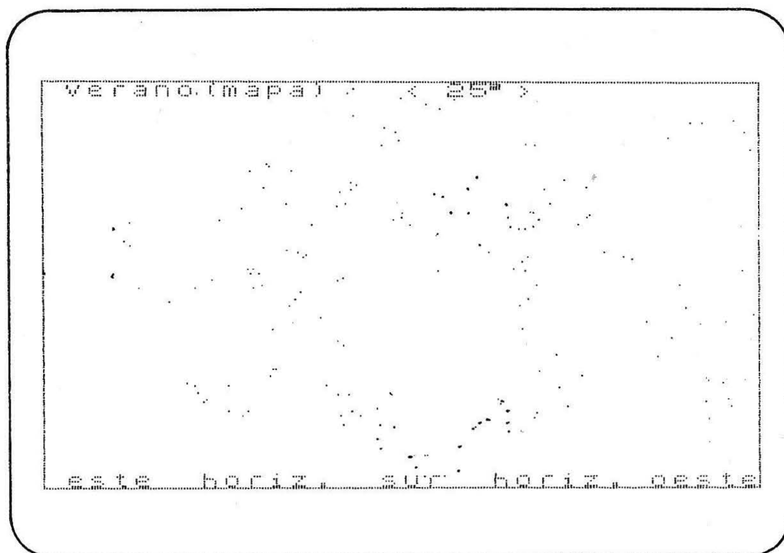


Figura 8.3. Mapa estelar para el verano. Obsérvese, como referencia, Sagitario y Escorpio, en la parte inferior central y el cuadrado de Pegaso a la izquierda.

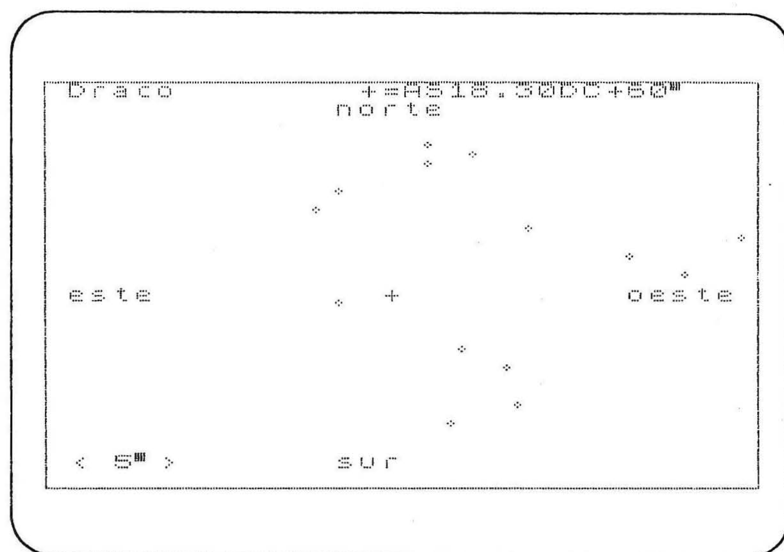


Figura 8.4. Ejemplo de constelación DRACO: "el Dragón".

Proyección del mapa estelar

Al representar la esfera celeste mediante una proyección cilíndrica cuando se dibujan mapas estelares, es inevitable que se produzca alguna leve distorsión, aunque esto sólo se pone de manifiesto cuando se incluyen constelaciones cercanas a los polos celestes, norte o sur, y yo las he excluido deliberadamente. Hemos elegido constelaciones que sean visibles desde las latitudes de Europa y norte de América, y comprenden desde la Osa Mayor (el Carro), el Dragón y Casiopea, todas con centro aproximado en los —60° de declinación norte, hasta Escorpión, alrededor de —35° de declinación sur. El programa contiene casi la mitad de todas las constelaciones que se encuentran entre estos dos extremos. Se han reconocido en el cielo 88 constelaciones, dos tercios de las cuales, aproximadamente, se pueden ver desde Gran Bretaña*.

Preparación del programa

Hemos dividido el programa de mapas estelares en dos partes, a causa de la enorme cantidad de datos que se han de utilizar. La primera parte se denomina "Programa Cargador" y opera con las coordenadas "x" e "y" de las posiciones de 310 estrellas, los nombres de las constelaciones y las coordenadas centrales de cada mapa estelar, que pueden estar juntos, formando un rompecabezas, en los mapas estelares impresos. La segunda parte del programa se llama "Mapas de estrellas" y hace que el ordenador opere con los datos introducidos en la primera parte.

Quizás sea instructivo explicar un poco la forma en que se han preparado los datos, antes de proceder con los mismos programas, porque esto te puede capitar para introducir algunas modificaciones en el programa si lo deseas, añadiendo quizás incluso más constelaciones. Se necesita bosquejar, en los términos más sencillos, la constelación que se va a proyectar. El Spectrum no toma parte en este aspecto del trabajo y necesitarás un atlas estelar.

Dibujo de las constelaciones

El método para preparar los datos de cada constelación es el siguiente:

1) Traza, en una hoja de papel cuadriculado, una cuadrícula que tenga en su eje de ordenadas (*x*, horizontal) de 0 a 63 divisiones y, en el eje de abcisas (*y*, vertical), de 0 a 43.
2) Marca el centro del rectángulo con un "+" y anota en el papel el nombre y las coordenadas de la constelación seleccionada.
3) Dibuja, a partir de un atlas de estrellas, la constelación seleccionada y transfiérela al papel cuadriculado, rellenando los cuadrados completos que queden más cerca

* Aproximadamente la misma cantidad desde España. *[N. del E.]*

de cada estrella. Comprueba que la posición de las líneas de las cuadrículas del atlas coincidan, más o menos, con las de tu gráfico para que la constelación no aparezca girada.

4) Numera cada una de las estrellas y señala las coordenadas "x" e "y" del papel cuadriculado con un número de cuatro cifras, por ejemplo, 4327.
5) Marca en el papel una letra, para codificar el número total de estrellas utilizadas en cada constelación. A = 1, B = 2, hasta Z = 26.

Datos de estrellas

Asegúrate de que has anotado, en los lugares de los millares y las centenas del número de cuatro cifras, las correspondientes a la coordenada "x", pues si intercambias las dos mitades de este número, las estrellas quedarán ubicadas indebidamente en el mapa estelar. Ten en cuenta que, como han de dibujarse muchas estrellas, sería muy difícil localizar una que estuviera ubicada erróneamente, sobre todo si no estás muy familiarizado con los dibujos de estrellas, y si además tienes en cuenta que, hasta ahora el astrónomo experto, es primordial guardar dicha precaución inicial. La figura 8.5 muestra un esquema típico utilizado en este programa de la manera que acabamos de describir.

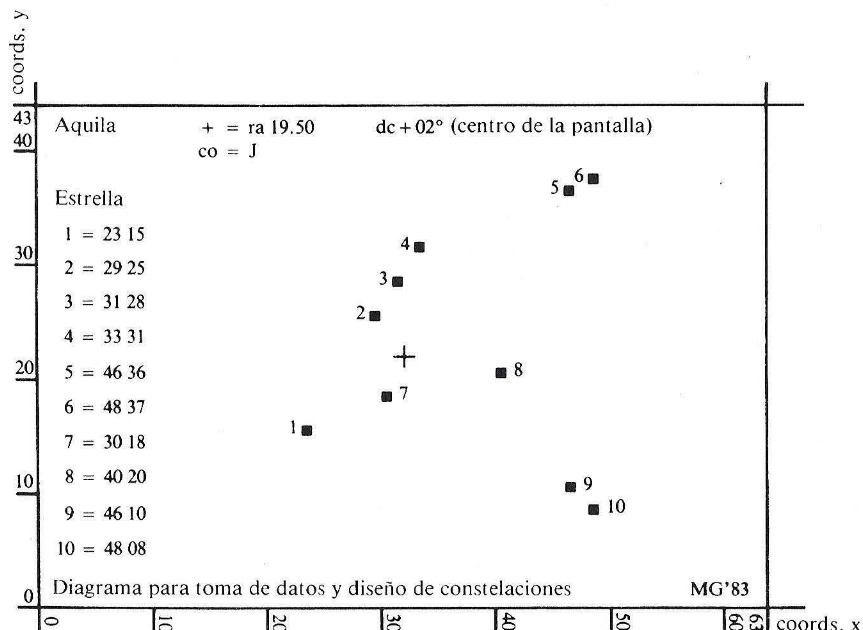


Figura 8.5.

Observa que la coordenada de posición tomada del atlas estelar para el centro de la pantalla, y por cada carta preparada, es un número de cinco cifras, contando el punto decimal para la AR (eje horizontal) y un número de tres cifras, contando con el signo "+" o "—", de la Dec (eje vertical). En esta última no se incluye el signo de los grados. En el ejemplo que damos para la constelación de Aquila (Águila) el 19,50 de la AR, indica 19 h 50 min. El programa de la línea 1090 convierte esto en horas más fracciones decimales de horas y, finalmente, en la línea 1140, en grados, multiplicando por 15. Por ejemplo, 19 h 15 min = 19,8333 h = 297,5°. La AR no puede exceder de 24,00, porque 24,00 × 15 = 360°, un círculo completo.

He creído adecuado preparar las cartas sólo con una resolución de 64 × 44, aunque está claro que la capacidad de resolución de la pantalla del Spectrum es de 256 × 176 puntos.

Las AR se almacenan en la matriz a$ y las Dec en la b$, de forma que se pueden usar posteriormente, sin modificación en los títulos de los mapas de estrellas. También se ahorra memoria del ordenador al guardar datos de esta forma, evitando operaciones complicadas para convertir la correspondiente matriz numérica en CHR$ a la hora de su representación. En las primeras pruebas de este programa se utilizaron tanto matrices numéricas como CHR$ para almacenamiento de datos, habiéndose notado que el programa realiza sus operaciones un 30 por 100 más lentamente si se emplea el almacenamiento CHR$. Esto significa que un mapa celeste completo de 310 estrellas tarda cerca de 44 segundos en pintarse, en lugar de 40 segundos, lo que he considerado aceptable, teniendo en cuenta las ventajas.

Mapa estelar 1: Cargador de estrellas

Introduce el «Programa Cargador» y comprueba que se corresponde con el listado. Antes de introducir todos los datos de las 30 constelaciones y las 310 estrellas, efectúa una pequeña comprobación para verificar que todo está correcto. Puede que no necesites efectuar este test para cada una de las 30 constelaciones, así que, corrige la variable "z" en la línea 2020 para que se lea LETz = 2, y haz que el ordenador ejecute el programa. Esto permitirá introducir las dos primeras constelaciones (Aquila y Capricornius), a partir de los datos de la figura 8.6.

El tratamiento de los errores está bien concebido en el programa. Además, el ordenador emite un sonido (BEEP) cuando se toca el teclado o cuando se introducen los datos, a fin de que puedas concentrarte en lo que estás haciendo, sin necesidad de comprobar constantemente lo que se representa en la pantalla. Efectúa un par de comprobaciones, aunque sea con números ficticios. El programa incluye también una rutina para guardarlo y verificarlo (ver líneas 9990 y 9995), para quienes sean novatos en el manejo del Spectrum. Con todo ello, conseguiremos asegurar lo ya efectuado, frente a la pulsación errónea de una tecla.

```
1999 REM ***********************
2000 REM   Programa cargador
2001 REM ***********************
2010 LET z$="": POKE 23609,100
2020 LET z=30: REM 30 constelaci
ones
2030 DIM n$(z,11): DIM a$(z,5):
DIM b$(z,3): DIM c$(z,17,4)
2040 FOR n=1 TO z
2050 CLS : INPUT "nombre de la c
onstelacion no.";(n),t$: IF LEN
t$>11 THEN  GO SUB 2230: GO TO 2
050
2060 LET n$(n)=t$: PRINT t$
2070 INPUT "ASC.=?"; LINE t$: LE
T e=VAL t$: IF e<0 OR e>=25 THEN
  GO SUB 2230: GO TO 2070
2080 LET a$(n)=t$: PRINT "ASC";t
$
2090 INPUT "DEC.=?"; LINE t$: LE
T e=VAL t$: IF ABS e>=90 THEN  G
O SUB 2230: GO TO 2090
2100 LET b$(n)=t$: PRINT "DEC";t
$
2110 INPUT "co=?"; LINE h$: IF C
ODE h$-64>17 THEN  GO SUB 2230:
GO TO 2110
2120 LET z$=z$+h$: PRINT "co=";h
$
2130 FOR f=1 TO CODE h$-64
2140 INPUT (f);"=?"; LINE t$
2142 LET e1=VAL t$( TO 2)
2145 LET e2=VAL t$(3 TO )
2150 IF e1<0 OR e2<0 OR e1>63 OR
 e2>43 THEN  GO SUB 2230: GO TO
2140
2160 LET c$(n,f)=t$: PRINT (" "
AND f<10);f;"=";t$: BEEP .1,-10
2170 NEXT f: BEEP 1,1
2180 INPUT "Datos correctos?(s/n
)"'"o grabacion(p)";q$
2190 IF q$="n" THEN  GO TO 2050
```

```
2195 IF q$="p" THEN  GO TO 9990
2200 NEXT n: PRINT #0; FLASH 1;"
Lista completa": GO TO 9990
2230 PRINT #0; FLASH 1;"Error":
BEEP .5,30: PAUSE 100: RETURN
9980 REM ************************
9990 SAVE "Mapaest." LINE 2050
9991 REM *************************
9992 BEEP 1,1
9995 PRINT #0;"rebobina cinta y
da PLAY para   verificar": VERIF
Y "Mapaest."
9996 BEEP 1,1
```

Introducción de los datos

Primero hay que corregir la variable "z" en la línea 2020 para que se lea LET = 30 —esto es vital— y hacer que el ordenador ejecute el programa.

Opera de forma progresiva con los datos que se dan en la figura 8.6. No todas las 30 constelaciones se han de introducir en la primera sesión, ya que, si lo prefieres, puedes desarrollar el programa en varias sesiones.

Cuando se pulsa la tecla "p" (ver línea 2195), después de introducir los datos, el programa se guarda en el cassette. Después de haber guardado el programa, éste te invita a que rebobines y pases de nuevo la cinta para verificarlo. Las sucesivas instrucciones de guardar (SAVE) y verificación (VERIFY) originarán que el ordenador emita un sonido (BEEP). Si no lo hace, introduce como orden directa GOTO 9990 y repite las rutinas de guardar y verificación, hasta que aparezca en la pantalla el mensaje "OK". Para cargar el programa desde la cinta para la siguiente sesión de entrada de datos, escribe la orden directa LOAD "Mapaest" y pon en funcionamiento el cassette. El programa va automáticamente hasta la línea 2050 en cargas sucesivas, listo para que se introduzca la constelación siguiente.

Si el programa se interrumpe por alguna razón, da la orden directa GOTO 2050. Si no funcionase, deberás dar la instrucción de ejecutar el programa (RUN) o una instrucción para que regrese directamente (GOTO 2050). Si no lo hacemos así, todos los datos no asegurados en la cinta se perderán o serán machacados, pues se escribirá encima de ellos. Una vez introducidos todos los datos, asegurados y verificados, se podrá tratar con ellos la parte siguiente del programa.

Mapas estelares 2

Introduce la segunda parte del programa —llamada "Mapas de estrellas"— y enmienda la línea 9990 para que se lea

```
-----------------------------
1 Aquila
ASC 19.50
DEC +02
co=J
1 = 2315
2 = 2925
3 = 3128
4 = 3331
5 = 4636
6 = 4837
7 = 3018
8 = 4020
9 = 4610
10 = 4808
-----------------------------
2 Capricornus
ASC 21.12
DEC -18
co=L
1 = 5128
2 = 5228
3 = 5025
4 = 4210
5 = 4008
6 = 3510
7 = 2614
8 = 2715
9 = 2418
10 = 2321
11 = 2022
12 = 3521
-----------------------------
3 Lyra
ASC 19.12
DEC +36
co=F
1 = 4126
2 = 3924
3 = 3927
4 = 3523
5 = 3417
6 = 3718
-----------------------------
4 Scorpius
ASC 17.10
DEC -34
co=Q
1 = 5039
2 = 5137
3 = 5238
4 = 5434
5 = 5429
6 = 5425
7 = 4730
8 = 4429
9 = 4227
10 = 3719
11 = 3608
12 = 3106
13 = 2406
14 = 2110
15 = 2015
16 = 2415
17 = 2515
-----------------------------
5 Delphinus
ASC 20.54
DEC +13
co=F
1 = 3524
2 = 3724
3 = 3622
4 = 3922
5 = 4017
6 = 3716
-----------------------------
6 Cygnus
ASC 20.48
DEC +35
co=I
1 = 3433
2 = 2312
3 = 3117
4 = 3926
5 = 4933
6 = 4719
7 = 5610
8 = 4135
9 = 4036
-----------------------------
7 Sagitta
ASC 20.12
DEC +19
co=D
1 = 3623
2 = 4022
3 = 4220
4 = 4321
-----------------------------
8 Hercules
ASC 17.30
DEC +28
co=N
1 = 3601
2 = 3617
3 = 4126
4 = 4726
5 = 3833
6 = 4736
7 = 5041
8 = 5112
9 = 5409
10 = 3534
11 = 2621
12 = 2324
13 = 2326
14 = 2023
```

Figura 8.6. Datos para el programa "Mapas de Estrellas".

```
------------------------------
9 Sagittarius
ASC 18.50
DEC -26
co=M
1 = 2233
2 = 2629
3 = 2720
4 = 3029
5 = 3122
6 = 2816
7 = 3420
8 = 4023
9 = 4529
10 = 4615
11 = 4116
12 = 4010
13 = 4106
------------------------------
10 Perseus
ASC 03.55
DEC +40
co=M
1 = 3108
2 = 3013
3 = 3119
4 = 3522
5 = 3629
6 = 4032
7 = 4432
8 = 4537
9 = 4740
10 = 4425
11 = 4519
12 = 4616
13 = 2930
------------------------------
11 Pegasus
ASC 23.05
DEC +16
co=J
1 = 0819
2 = 1038
3 = 3237
4 = 3218
5 = 4112
6 = 5206
7 = 6112
8 = 3840
9 = 3830
10 = 3632
------------------------------
12 Auriga
ASC 05.55
DEC +40
co=I
1 = 4004
2 = 3016
3 = 3227
4 = 3541
5 = 4329
6 = 4726
7 = 4722
8 = 4623
9 = 4912
------------------------------
13 Bootes
ASC 15.05
DEC +29
co=J
1 = 5704
2 = 5405
3 = 4707
4 = 3819
5 = 2828
6 = 2634
7 = 3338
8 = 4135
9 = 4122
10 = 4223
------------------------------
14 Taurus
ASC 04.45
DEC +15
co=O
1 = 1429
2 = 1940
3 = 3421
4 = 3720
5 = 4020
6 = 3923
7 = 3824
8 = 3726
9 = 5032
10 = 5033
11 = 5133
12 = 4716
13 = 5913
14 = 6012
15 = 4607
------------------------------
15 Corona Bor
ASC 16.15
DEC +28
co=G
1 = 4526
2 = 4723
3 = 4520
4 = 4219
5 = 4019
6 = 3720
7 = 3624
```

Figura 8.6. Datos para el programa "Mapas de Estrellas" (cont.).

```
16 Draco
ASC 18.30
DEC +60
co=N
1 = 3607
2 = 3715
3 = 4113
4 = 4209
5 = 2620
6 = 2430
7 = 2632
8 = 3435
9 = 3437
10 = 3836
11 = 4328
12 = 5225
13 = 5723
14 = 6227

17 Orion
ASC 05.55
DEC +01
co=Q
1 = 3229
2 = 3832
3 = 3933
4 = 4327
5 = 3715
6 = 3916
7 = 4117
8 = 4315
9 = 4706
10 = 3504
11 = 5221
12 = 5322
13 = 5429
14 = 3910
15 = 5527
16 = 5432
17 = 5337

18 Cassiopeia
ASC 01.20
DEC +59
co=G
1 = 2729
2 = 3123
3 = 3724
4 = 3819
5 = 4018
6 = 4114
7 = 4622

19 Leo
ASC 11.00
DEC +15
co=M
1 = 5534
2 = 5237
3 = 4532
4 = 4427
5 = 4923
6 = 4916
7 = 5913
8 = 4112
9 = 2628
10 = 2621
11 = 2314
12 = 2407
13 = 1420

20 Canis Major
ASC 07.10
DEC -24
co=H
1 = 2612
2 = 3116
3 = 3412
4 = 4610
5 = 4727
6 = 3929
7 = 3619
8 = 3320

21 Ursa Major
ASC 11.50
DEC +54
co=N
1 = 2727
2 = 0419
3 = 3122
4 = 3934
5 = 1626
6 = 4127
7 = 1226
8 = 5335
9 = 5628
10 = 6227
11 = 5710
12 = 5609
13 = 4310
14 = 3314

22 Corvus
ASC 12.40
DEC -17
co=F
1 = 3422
2 = 3521
3 = 3412
4 = 4213
5 = 4310
6 = 4020
```

Figura 8.6. Datos para el programa "Mapas de Estrellas" (cont.).

```
23 Gemini
ASC 07.40
DEC +22
co=L
1 = 3029
2 = 3334
3 = 3029
4 = 3820
5 = 3913
6 = 4318
7 = 5212
8 = 5007
9 = 5721
10 = 6021
11 = 5024
12 = 4431
```

```
24 Hydra
ASC 09.55
DEC -10
co=M
1 = 6040
2 = 6036
3 = 5837
4 = 5640
5 = 5741
6 = 5440
7 = 4736
8 = 4122
9 = 3313
10 = 2816
11 = 2617
12 = 2110
13 = 1310
```

```
25 Virgo
ASC 12.52
DEC +00
co=H
1 = 1721
2 = 2106
3 = 2614
4 = 2937
5 = 3127
6 = 3620
7 = 4521
8 = 5524
```

```
26 Andromeda
ASC 01.25
DEC +38
co=K
1 = 5509
2 = 4512
3 = 3618
4 = 2925
5 = 2228
6 = 4614
7 = 4021
8 = 4225
9 = 4425
10 = 3036
11 = 3039
```

```
27 Cancer
ASC 08.50
DEC +17
co=E
1 = 3437
2 = 3527
3 = 3422
4 = 2913
5 = 4410
```

```
28 Libra
ASC 15.32
DEC -19
co=G
1 = 3921
2 = 4726
3 = 3835
4 = 3228
5 = 4213
6 = 3110
7 = 3008
```

```
29 Serpens
ASC 16.00
DEC +07
co=H
1 = 3838
2 = 3636
3 = 3333
4 = 3732
5 = 4126
6 = 3820
7 = 3517
8 = 3607
```

```
30 Cetus
ASC 01.42
DEC -04
co=L
1 = 0331
2 = 0338
3 = 0840
4 = 1031
5 = 1227
6 = 2022
7 = 3011
8 = 3303
9 = 4015
10 = 4512
11 = 5401
12 = 6213
```

Figura 8.6. Datos para el programa "Mapas de Estrellas" (cont.).

9990 SAVE ''Mapaest'' LINEA 1

lo que garantiza que el programa comience automáticamente por la línea 1, una vez guardado y, subsecuentemente, cargado. La parte nueva del programa efectúa la presentación, la selección y el trazado de los mapas estelares. Cuando hayas comprobado que el listado es satisfactorio, introduce la orden direca GOTO 1 para que comience a operar el programa.

El programa

Las instrucciones REM muestran la estructura general del programa. El trazado de este mapa estelar se divide en dos partes:

1. Las constelaciones seleccionadas a gran escala.
2. Los mapas estelares estacionales y anuales.

Una vez seleccionada una constelación (entradas 1 a 30, inclusive), la variable de la línea 170 (LETsc = 4) multiplica la escala por 4, de manera que la constelación llene la pantalla. Las opciones con entradas (INPUT) de 31 a 34 inclusive, tienen una variable adicional llamada ''x1'', que toma valores diferentes, de acuerdo con la instrucción condicional GOTO de la línea 120. La variable ''x1'' selecciona, para representarlo, una cuarta parte del mapa completo del cielo. El mapa celeste —opción INPUT 35— produce un efecto completo de giro horizontal de 360°. La variable sc se hace =1 para mapas estacionales, y toma el valor 0,52 para el mapa celeste anual. Observa si has introducido correctamente en la línea 90 ''m>1'' y ''m<l'' (el segundo es una ''l'' minúscula).

```
   9 REM **************************
  10 REM      Mapas de estrellas
  11 REM **************************
  15 RESTORE 16: FOR f=USR "n" T
O USR "n"+7: READ i: POKE f,i: N
EXT f: REM e e
  16 DATA BIN 00111000,0,BIN 011
11000,BIN 01000100,BIN 01000100,
BIN 01000100,BIN 01000100,0
  20 BORDER 0: PAPER 0: INK 9: C
LS : DIM e$(32): LET G=100/60
  30 PRINT PAPER 5;"   Constela
ciones y estrellas      "
  40 LET t$="(mapa)"
```

```
  50 LET j=15: LET l=35
  59 REM ************************
  60 REM Pantalla inicial/Selec.
  61 REM ************************
  70 FOR n=1 TO z: PRINT AT n-(j
 AND n>j),0+(j AND n>j);(" " AND
 n<10);n;" ";n$(n): NEXT n
  80 PRINT  PAPER 1;AT 16,j;"31
prima.";t$;AT 17,j;"32 verano";t
$;AT 18,j;"33 oto o ";t$;AT 19,j
;"34 invie.";t$;AT 20,j; PAPER 4
;"35 mapa cielo"
  90 INPUT  INK 6;"selecciona no
.";m: IF m<1 OR m>l THEN  GO TO
90
 100 PRINT #0; INK 5;"Trazado ra
pido o lento (r/l)": PAUSE 0: CL
S : LET pa=1: IF INKEY$="l" THEN
  LET pa=50
 109 REM ************************
 110 REM Va a mapa de estaciones
 111 REM ************************
 120 IF m>30 THEN  GO TO m*10
 129 REM ************************
 130 REM *Constelacion simple
 131 REM ************************
 140 PRINT " ";n$(m);"  +=AS";a$
(m);"DC";b$(m);CHR$ 130;AT 11,15
; INK 4;"+"
 150 PRINT  INK 3;AT 1,13;"norte
";AT 11,1;"este";AT 11,26;"oeste
";AT 20,13;"sur": GO SUB 1210
 160 PRINT  INK 4;AT 20,1;"< 5";
CHR$ 130;">"
 170 LET sc=4: REM escala=grande
 175 FOR n=1 TO CODE z$(m)-64
 180 LET dx=VAL c$(m,n, TO 2)
 185 LET dy=VAL c$(m,n,3 TO )
 190 PLOT dx*sc,dy*sc
 195 DRAW  BRIGHT 1;1,1: DRAW 1,
-1: DRAW -1,-1
 200 PAUSE pa: NEXT n
 209 REM ************************
```

```
 210 REM *COPIA o Menu
 211 REM ************************
 220 PRINT #0; PAPER 5; INK 9;"c
para COPIA, m para Menu      "
 225 BEEP .6,40: BEEP .1,30
 230 PAUSE 0: IF INKEY$="c" THEN
  COPY : INPUT "": GO TO 220
 240 GO TO 20
 299 REM ************************
 300 REM *goto condicional
 301 REM ************************
 310 PRINT " prima.";t$,: LET x1
=-3: GO TO 1000
 320 PRINT " verano";t$,: LET x1
=5: GO TO 1000
 330 PRINT " oto o";t$,: LET x1=
13: GO TO 1000
 340 PRINT " invierno";t$,: LET
x1=-11: GO TO 1000
 350 PRINT " Mapa anual:  sur a
las 9pm": LET hi=150: LET sc=.52
: LET X1=5: GO TO 1030
 999 REM ************************
1000 REM  Traza mapa estaciones
1001 REM ************************
1010 LET sc=1: LET hi=50
1020 PRINT "< 25";CHR$ 130;">";
PAPER 4;AT 21,0;" este  horiz.
sur  horiz. oeste": GO TO 1060
1030 FOR n=17 TO 21: PRINT  PAPE
R n-16;AT n,0;e$: NEXT n
1040 PRINT AT 16,0;" oto o   ver
ano  prima.  invier."
1050 FOR n=1 TO 3: PLOT n*64,40:
 DRAW 0,10: NEXT n
1060 GO SUB 1210: FOR f=1 TO z
1070 PRINT #0;n$(f)
1080 LET zx=VAL a$(f)
1090 LET x=zx+(zx-INT zx)/G
1100 LET y=VAL b$(f)
1110 FOR n=1 TO CODE z$(f)-64
1120 LET dx=VAL c$(f,n, TO 2)
1130 LET dy=VAL c$(f,n,3 TO )
```

```
1140 LET xx=(x1*15-x*20+380+dx)*
sc
1150 IF x1=13 AND xx>480 THEN  L
ET xx=xx-480
1160 LET yy=(y*1.5+hi+dy)*sc
1170 IF xx<0 OR xx>255 OR yy<0 O
R yy>175 THEN  GO TO 1190
1179 REM ************************
1180 PLOT xx,yy: REM Traza est.
1181 REM ************************
1190 NEXT n: PAUSE pa: INPUT "":
 NEXT f: GO TO 220
1199 REM ************************
1200 REM   Dibuja un encuadre
1201 REM ************************
1210 PLOT 0,0: DRAW 0,175: DRAW
255,0: DRAW 0,-175: DRAW -255,0:
 RETURN
```

Dibujo de una constelación

El mapa estelar enseña una técnica de introducir modelos de estrellas directamente en matrices dimensionadas, mediante la instrucción INPUT de entrada, método que es aconsejable cuando se quieren introducir muchas constelaciones y estrellas. El programa "Movimiento estelar", que trataremos más adelante en este capítulo (con dos constelaciones en las que hay que dibujar pocas estrellas), mantiene las posiciones numéricas de las estrellas en una cadena CHR$ de la que más tarde se extraen.

Este programa muestra dos métodos adicionales para pintar modelos de estrellas: utilizando la instrucción DATA CODE y CHR$. En ambos métodos, la información aparece en el programa que se está listando y es muy fácil de manipular. Véanse figuras 8.7 y 8.8.

Método 1: almacenamiento de datos mediante DATA

Este es el medio convencional para almacenar datos y se describe adecuada, aunque brevemente, en el manual del Spectrum. La orden de lectura READ hace que el ordenador nos proporcione los datos cuando queremos utilizarlos y, una vez que los ha leído, se pueden volver a utilizar si se emplea la orden RESTORE. Como, en este programa, el dibujo que implican los datos se traza inmediatamente después de que el ordenador los lea, no es necesario utilizar RESTORE.



Figura 8.7. Dibujo de la constelación Lyra empleando CODE y CHR$.



Figura 8.8. Dibujo de la constelación Lyra empleando READ y DATA.

No obstante, si el programa se detiene (con el mensaje de error "integer out of range" - entero fuera de rango), trata de hacer que comience de nuevo mediante la instrucción GOTO1. Verás que el programa no obedecerá esta orden de comenzar de nuevo, porque no se han vuelto a almacenar los datos, y que en la pantalla aparecerá el mensaje de error "out of data" (ausencia de datos). Haz que el ordenador ejecute (RUN) y el programa te obedecerá como si hubieras vuelto a almacenar los datos. Es

decir, que la secuencia DATA/READ/RESTORE (datos, lee, almacena de nuevo), debe considerarse especialmente en programas largos en que se puedan utilizar varias instrucciones de datos (DATA) en órdenes diferentes.

En el programa "Dibujo de constelación", la instrucción DATA se encuentra en la línea 40 y representa el dibujo estelar estival de Lyra (Lira), con seis estrellas que tienen cada una una posición de coordenadas "x" e "y". Esto supone que los datos suman 12 items. Además, las esquinas de la representación se pintan también para indicar la escala. Esta es la secuencia de datos necesaria para las estrellas y esquinas:

0, 0, 63, 43, 0,63, 0...

hasta un total de 20 datos. El último dato necesario es el número de estrellas y posiciones de esquinas que han de trazarse, y viene dado por el primer número de la secuencia DATA (es decir, 10). (Ver programa "Dibujo de constelaciones", línea 40.)

La línea 90 lee (READ) el primer dato (10) y la variable "c" determina la longitud del bucle FOR/NEXT n, en la línea 100, para todo el dibujo. La línea 100 lee las coordenadas "x" e "y" de los datos, que se trazan en la línea 110, multiplicados por 4. Más adelante explicaremos el valor de la variable llamada de "escala".

Método 2: almacenar en código CHR$

Este método es, en muchos sentidos, más elegante que una secuencia DATA/RED/RESTORE, y se basa en la sofisticada capacidad del Spectrum de representar cadenas troceadas. Esto supone que hay que utilizar con mucho cuidado la instrucción CHR$ eligiendo solo los caracteres más idóneos para ello. Puede que tengas que recurrir al manual para estar seguro.

La colección de caracteres ASCII

El Spectrum utiliza la colección de caracteres ASCII, además de otros signos y caracteres gráficos propios.

Los caracteres ASCII (desde CODE 32 hasta CODE 127) pueden utilizarse en los programas e, incluso, podemos ampliar el margen de caracteres que utilicemos hasta CODE 143, para incluir los gráficos de baja resolución y el signo £ que, aunque no pertenecen estrictamente al juego de caracteres ASCII, pueden utilizarse e imprimirse si se tiene la impresora ZX.

En un programa como el de dibujar estrellas con una resolución de pantalla de 64 × 44 (una cuarta parte del potencial del Spectrum, 64 caracteres son suficientes. Hay que tener en cuenta que no podemos utilizar el carácter 34 —signo de comillas— dentro de una cadena; en su sustitución podemos emplear el carácter 35 —signo de sostenido— que es el carácter utilizable de número más bajo). Lo más sencillo es utilizar los códigos de las letras mayúsculas y minúsculas, que son mucho más sencillos de

identificar y reconocer, a pesar de que entre CODE 91 y CODE 96 nos encontramos una serie de signos menos usuales. De CODE 96 hasta CODE 127 encontramos las minúsculas y de ahí en adelante los códigos corresponden a caracteres particulares del Spectrum.

Los códigos seleccionados que utilizo normalmente y que aparecen en el programa son, desde el 64 @ al 127 © inclusive. Éstos se convierten en valores numéricos de "x" e "y" en las líneas 270 y 280, de esta forma:

LET x = CODE a$(n)—64
LET y = CODE a$(n + 1)—64

si restamos, a cada código, 64, tenemos un rango de valores de 0 a 64

CHR$ a = CODE 64—60 = 0 a
CHR$ c = CODE 127—64 = 63

lo que representa la posición horizontal, o coordenada "x". El rango de códigos para la posición vertical, o coordenada y, sería:

CHR$ a CODE 64—64 = 0 a
CHR$ R = CODE 107—64 = 43

A partir de la línea 200, el programa muestra el trazado del dibujo de la estrella Lira mediante los códigos contenidos en los caracteres de la cadena a$. a$ tiene 21 caracteres y codifica precisamente la misma información contenida en los datos de la línea 40 utilizados exclusivamente en la primera parte del programa. La única diferencia entre ambas estriba en que el valor efectivo de primer caracter de a$ ("T") es 20.

CHR$T = CODE 84—64 = 20

y se utiliza para colocar la longitud del bucle FOR/NEXT en la línea 260:

FORn = 2 TO CODE a$(1)—64 STEP 2

donde n toma un valor secuencial de

2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20

STEP 2 para el valor de la coordenada "x" en la cadena a$. Con ello, el valor de la coordenada y se extrae de los números impares del bucle:

3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21

en la forma... CODE a$(n + 1)—64

Cómo adaptar el dibujo al tamaño de la pantalla

A menudo es útil cambiar la escala del dibujo de la estrella en la pantalla, para lo que se utiliza la variable llamada "scale". En la primera parte del programa que guarda los datos mediante DATA y antes de trazar la posición de la estrella, esta variable toma un valor de 4, con lo que se aumenta la separación de las estrellas, a fin

de llenar la pantalla, particularmente los marcadores de las esquinas. En la segunda parte del programa, se da un valor inicial de 3 a la escala que después se va cambiando, una vez que se ha completado el bucle, en la línea 310:

LET scale = scale—0,5: GOTO 230

La instrucción GOTO 230 hace que el programa regrese al bucle FOR/NEXT n una y otra vez, hasta que llega un momento en que se interrumpe y aparece un mensaje de error "Integer out of range", porque la escala de la imagen es ahora demasiado grande para que se pueda pintar en la pantalla.

Pero antes de que se interrumpa el programa se verá cómo el modelo de la constelación Lira va disminuyendo su tamaño, en pasos sucesivos, hasta quedar reducida a un punto en el margen inferior izquierdo de la pantalla, para empezar entonces a crecer de nuevo.

En la parte superior derecha de la pantalla se representa el valor actual de la variable de escala y apreciarás que su valor, que es inicialmente 3, disminuye constantemente de 0,5 en 0,5; después de que el bucle n se haya repetido seis veces, los valores se habrán hecho negativos y, la imagen crecerá de nuevo. Así, la variable de escala puede tener valores tanto positivos como negativos, y los resultados que proporciona son similares.

Preparación de cartas estelares

Para explicar la preparación de las cartas estelares que se transferirán después a un programa del Spectrum, hay que referirse al programa de mapas estelares, comentado ya en este capítulo. Baste con señalar aquí que, si te propones utilizar caracteres para codificar las posiciones de las estrellas, deberás marcar los ejes "x" e "y" del papel cuadriculado con caracteres (CHR$) mejor que con valores numéricos. Como ya se explicó anteriormente, puedes utilzar los caracteres con códigos comprendidos entre CODE 64 y CODE 127 para el eje "x" y los comprendidos entre CODE 64 y CODE 127 pare el eje "y".

Más constelaciones

Este programa sólo demuestra cómo se traza el dibujo estelar de la constelación Lira. Para dibujar más constelaciones hay una manera sencilla de manejar y seleccionar los datos, sin introducir la información en matrices dimensionadas. Como resulta mucho más fácil seleccionar una determinada constelación usando CHR$ en cadenas de caracteres, limitaremos la explicación a este método.

Los códigos de los caracteres utilizados en el método 2 anterirmente expuesto, están combinados con la selección condicional utilizada más adelante, en este capítulo, en el programa "Movimiento estelar", de una serie de constelaciones, todas ellas denominadas similarmente, en este caso, a$. De esta forma, después de bosquejar cada constelación en el papel cuadriculado y haberla vertido en una cadena de caracteres, se introducen en el programa, entre las líneas 200 y 210, como a$. Cada a$ debe ir se-

guida por una instrucción condicional, de tal forma que el programa sea, más o menos, así:

201 LET a$ = "T..............": IF b$(1) = "A" THEN GOTO 220
202 LET a$ = "L........." IF b$(1) = "B" THEN GOTO 220
203 LET a$ = "R..........." IF b$(1) = "C" THEN GOTO 220
204 LET a$ = "R..........." IF b$(2) = "u" THEN GOTO 220

Supongamos que las constelaciones representadas son por este orden: (A)quila (diez estrellas), (D)elfín (seis estrellas), (C)isne (nueve estrellas) y (A)uriga (nueve estrellas). Observa cómo la instrucción condicional GOTO de la línea 204, selecciona la segunda letra, es decir, b$(2) como minúscula "n" en Auriga, para distinguirla de b$(1) en Aquila, en la línea 201. La primera letra de cada a$ codifica el número de caracteres que la siguen inmediatamente, los cuales están representados por puntos. Las reformas que tienes que hacer para ampliar el programa son borrar las líneas 20 a 130 inclusive, y la línea 310, y añadir una línea (150 INPUT b$) para seleccionar la constelación que quieres dibujar.

```
   9 REM *************************
  10 REM  Dibujo de constelacion
  11 REM *************************
  30 REM Dib. con los n. de DATA
  31 REM *************************
  40 DATA 10,0,0,63,43,0,43,63,0
,41,26,39,24,39,27,35,23,34,17,3
7,18
  50 BORDER 0: INK 7: PAPER 1: C
LS
  60 LET escala=4
  70 PRINT "Lira","escala=";esca
la
  80 PRINT "mediante DATA/READ"
  90 READ c
 100 FOR n=1 TO c: READ x,y
 110 PLOT x*escala,y*escala
 120 NEXT n
 130 PAUSE 100
 199 REM *************************
 200 REM dibuja con codig. de a$
 201 REM *************************
 202 REM
 210 LET a$="T§§§K§K§§iZgXgÄcWb0
eR"
 220 LET escala=3
 230 PAUSE 100: PAPER 2: CLS
```

```
 240 PRINT "Lira","escala=";esca
la
 250 PRINT "mediante codigos de
a$"
 260 FOR n=2 TO CODE a$(1)-64 ST
EP 2
 270 LET x=CODE a$(n)-64
 280 LET y=CODE a$(n+1)-64
 290 PLOT x*escala,y*escala
 300 NEXT n
 310 LET escala=escala-.5: GO TO
 230
9900 REM ************************
9990 SAVE "Dibujaest."
```

Magnitudes estelares

La luminosidad de las estrellas que vemos en el cielo varía enormemente: entre la más brillante y la más mortecina hay más de 100 puntos de diferencia. Los programas que presentamos en este libro omiten, generalmente, tales diferencias, para simplificar, y utilizan un solo punto para pintar cada estrella, por ejemplo, en el programa "Mapas de estrellas". Hay dos formas básicas de resaltar estas diferencias entre las estrellas en la pantalla del Spectrum, y pueden incorporarse a los programas utilizando las tres rutinas siguientes.

El primer método realza la magnitud de la estrella, pintando puntos adicionales para formar una imagen mayor. El segundo utiliza una escala de grises. Naturalmente, este último sólo se puede utilizar en una televisión en blanco y negro, y las posiciones de las estrellas deben de guardar entre sí la suficiente separación como para que dos no puedan incidir en la misma casilla de caracter (pues éstas sólo admiten un color). Este segundo método tiene la ventaja de ser más realista (visto en una televisión en blanco y negro), ya que las imágenes de las estrellas quedan más pequeñas y nítidas.

El tercer método es una combinación de los dos anteriores. También queda limitado a la representación monocromática, pero ofrece las máximas posibilidades de diferenciar a las estrellas por su brillo.

1. *Trazado de puntos extras*

Introduce en el ordenador y haz que procese éste la rutina "Magnitudes estelares 1", la pantalla se llenará de imágenes de estrellas que se empequeñecen progresivamente, formando un entramado regular en la pantalla. Cada una de las estrellas se representa inicialmente mediante un solo punto, que se agranda con las rutinas de DRAW que siguen inmediatamente. Esto se hace mediante el bucle FOR/NEXT n y las estrellas que primero se trazarán se eligen condicionalmente mediante:

IF n<3 THEN DRAW 0,1
IF n<6 THEN DRAW 1,0
IF n<9 THEN DRAW 0,—1

```
3000 PRINT "Magnitudes estelares
 1"
3010 REM Usando dibujos con elem
entos de pantalla (puntos) extra
s
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3050 FOR n=1  TO 12
3055 REM Dibuja la posicion de l
a estrella
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM Dibuja la estrella mas
brillante
3070 IF n<3  THEN  DRAW 0,1
3075 REM Dibuja la estrella de b
rillo intermedio
3080 IF n<6 THEN  DRAW 1,0
3085 REM Dibuja la estrella meno
s brillante
3090 IF n<9 THEN  DRAW 0,-1
3095 REM Las demas estrella ocup
an un punto
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

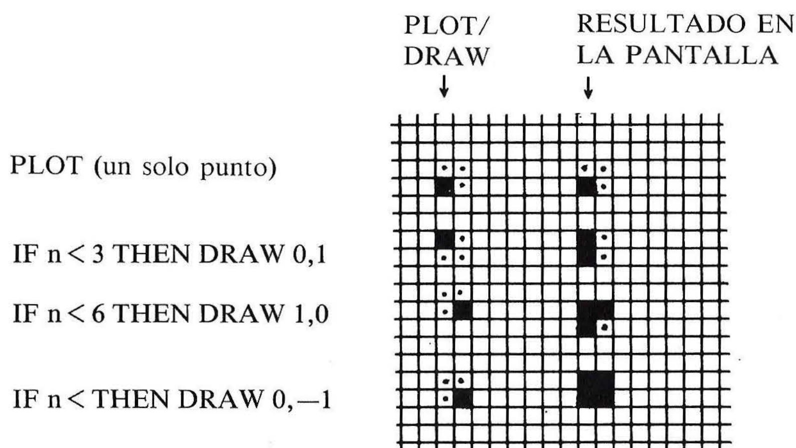


Figura 8.9. Utilizando DRAW podemos agrandar el tamaño de las estrellas que se representan sólo por un punto, de forma que se vean mejor en la pantalla de televisión.

La figura 8.9 muestra detalladamente cómo se dibujan cada una de las imágenes. Sólo se añade un punto por cada línea condicional —el valor 1 en cada instrrucción DRAW.

2. *Tonalidades de color (en monocromía)*

Para preparar la tercera versión hay que borrar todas las líneas condicionales DRAW de la rutina, antes de que el ordenador la ejecute. Una versión práctica de esta rutina, para incorporarla a un programa más largo (con las limitaciones ya mencionadas), tomará la forma:

```
PAPER 0: INK 9
FOR n = 1 ITO 12
IF n<6 THEN PLOT; INK 8—n; x(n), y(n): REM estrellas brillantes
IF n>5 THEN PLOT; INK 2;     x(n), y(n): REM estrellas débiles
NEXT n
```

La expresión INK 8—n controla el brillo relativo de las cinco primeras estrellas que tendrán valores de INK iguales a 7, 6, 5, 4 y 3 (blanco, amarillo, cyan, verde y magenta, respectivamente). El resto de las estrellas (n>5) tendrán un valor de tono INK 2 (rojo). Se puede incrementar el rango para incluir una estrella extremadamente mortecina mediante la impresión INK 1 (azul), pero en un cielo negro (PAPER 0), un solo punto azul pasará desapercibido.

```
3000 PRINT "Magnitudes estelares
 3"
3010 REM Tono de color (un solo
color)
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3045 BRIGHT 1: REM Realza el ton
o
3050 FOR n=1 TO 12
3051 INK 9-n/2: REM Tono de la t
inta
3055 REM Dibuja la posicion de l
a estrella
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM Estrella mas brillante=
tinta 7,6
3075 REM Estrella brillante     =
tinta 5,4
```

```
3085 REM Est. poco brillante    =
tinta 3,2
3095 REM Estrella sin brillo    =
tinta 1
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

3. *Trazado de más puntos extras y tonalidades de color (en monocromía)*

Reforma el programa "Magnitudes estelares 1" para convertirlo en "Magnitudes estelares 3" y hazlo funcionar. Si utilizas una instrucción de color para la representación, debes ajustar el televisor a blanco y negro. Esto pondrá de manifiesto cómo el tono INK incrementa considerablemente el brillo de las estrellas, particularmente cuando se trata de estrellas mortecinas. Las limitaciones de este esquema se han mencionado ya en esta sección.

```
3000 PRINT "Magnitudes estelares
 2"
3010 REM Usando dibujos con elem
entos de pantalla (puntos) extra
s y tonos (un color)
3030 BORDER 0: PAPER 1: INK 9
3040 LET z=0
3050 FOR n=1  TO 12
3051 INK 9-n/2: REM Tono de la t
inta
3055 REM Dibuja la posicion de l
a estrella
3060 PLOT z,n*10-150
3065 REM Dibuja la estrella mas
brillante
3070 IF n<3  THEN  DRAW 0,1
3075 REM Dibuja la estrella de b
rillo intermedio
3080 IF n<6 THEN  DRAW 1,0
3085 REM Dibuja la estrella meno
s brillante
3090 IF n<9 THEN  DRAW 0,-1
3095 REM Las demas estrella ocup
an un punto
3100 NEXT n
3200 LET z=z+20: GO TO 3050
```

Cartas estelares con control de magnitud

Para incorporar cualquiera de las rutinas mencionadas anteriormente a programas más largos, habrás de cuidar el orden en que pintes cada una de las estrellas. Las más brillantes deben listarse primero, y se ha de proceder en orden decreciente de brillantez. Si una determinada constelación no tiene estrellas brillantes, será necesario dibujar varias veces la misma estrella antes de pintar las siguientes, hasta que el tono (INK) sea el correcto. Esto significa que deberás listar más posiciones aparentes de las que aparecerán al final en la pantalla.

Para satisfacer estas condiciones con el primer método (trazado de puntos extras), hará falta utilizar mayor número de instrucciones condicionales, de manera que una constelación en particular se salte algunos de los puntos extras que, de otra forma, habrían de pintarse. Esto tomaría la forma:

```
FOR n = 1 TO 30: REM 30 constelaciones
FOR f = 1 TO (número de estrellas) STEP 2
PLOT x(n,f), y(n,f) + 1)              : REM x,y = coordenadas
IF n = 5 AND f = 1 THEN GOTO XXXX: REM salta la rutina DRAW de la conste-
                                       lación 5, estrella número 1
IF f<3 THEN DRAW 0,1
IF f...
NEXT f: NEXT n (NB línea XXXX)
```

Gráfico estelares

Este programita de demostración nos muestra cómo se pueden construir representaciones más complejas de las estrellas para incorporarlas a los mapas estelares. Estas imágenes representarían las estrellas más brillantes que tuviésemos que pintar mediante formas geométricas.

El programa

El programa se ha dividido en tres partes, tal como se indica mediante las instrucciones REM. La primera parte, hasta la línea 7, cuenta con la relación de imágenes numeradas de uno a cuatro por medio de la orden INKEY$ de la línea 3. La línea 8 contiene dos órdenes GOSUB —la primera condicional:

GOSUB 100 ó 200 ó 300 ó 400

en la forma GOSUB ax_{100}, donde "a" es igual al valor del INKEY$ de la línea 4. En la línea apropiada del GOSUB se dibuja la forma estelar seleccionada. El programa regresa a la línea 8 para efectuar el segundo GOSUB (GOSUB 1000).

La tercera y última parte del programa, a partir de la línea 1000, utiliza la orden POINT, hacer una reproducción mayor de la estrella que acabamos de dibujar y que la veamos mejor. Para esto se utiliza un área de pantalla adyacente a las posiciones de las coordenadas "x" e "y" de la imagen de la estrella más pequeña, se utilizan dos bucles FOR/NEXT (n y f). Las líneas 1010 y 1020 toman la forma:

```
1010 IF POINT (x + n, y + f) = 1 THEN PRINT... "■" (CHR$ 143)
1020 IF POINT (x + n, y + f) = 0 THEN PRINT... ":" (CHR$ 58)
```

Si POINT es igual a 1, imprime un cuadrado (■), es decir, se ha dibujado un punto en esa posición. Recíprocamente, si POINT es igual a 0, se imprimen dos puntos (:) (es decir, no se ha dibujado ningún punto para esta posición).

La línea 1020 no se necesita en realidad para definir la forma de la estrella, pero ayuda a localizar su posición relativa "marcando" los puntos no pintados. El programa volverá sobre sí mismo para efectuar la selección siguiente.

Se pueden incluir más figuras estelares en el programa, comenzando en la línea 600 y ascendiendo de 100 en 100 (700, 800, 900, etc.), para que se ejecute la instrucción condicional GOSUB de la línea 8. El valor 4 que aparece normalmente en las líneas 3 y 5 debería corregirse para cada forma adicional que se incluya en el programa. La instrucción final de cada sección nueva de trazado y dibujo debe concluir con RETURN.

Es útil bosquejar las nuevas imágenes estelares en un papel cuadriculado antes de introducirlas en el programa, aunque no es esencial. Puedes comenzar, simplemente, con una instrucción PLOT x,y y añadir después las órdenes para dibujar (DRAW) (preferiblemente con valores pequeños y, desde luego, no mayores de 6) y hacer que se ejecute el programa para que te muestre el nuevo diseño. Si no te satisface, cámbialo. Lo ideal sería tener todos los diseños nuevos en la porción de pantalla analizada por la orden POINT y representada en forma aumentada.

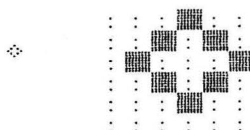
Incorporación de resultados en un programa de mapas estelares

Para representar algunas de las estrellas más brillantes, podría incorporarse una subrutina virtualmente idéntica a este programa en uno de mapas estelares. Para conseguir que la subrutina funcione, se necesitan solamente las líneas 100 a 499 (además de cualquier línea extra que precises). Estas estarían en el área principal del programa que se ocupa del trazado de las estrellas, y podrían tomar la forma:

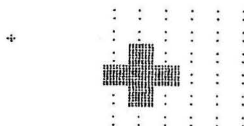
```
Rutina para dibujar estrellas: "x" e "y" son las coordenadas.
IF n = 1 THEN GOSUB 400 : REM mag 0 = brillante
IF n = 2 THEN GOSUB 100 : REM mag 1
IF n = 3 THEN GOSUB 300 : REM mag 2
IF n = 4 THEN GOSUB 200 : REM mag 3
If  n>4 THEN PLOT x,y   : REM mag> = 4 = débil
```

Esto supone que "n" es el número del bucle FOR/NEXT que traza las posiciones de las estrellas. Por supuesto, éste debe corresponderse con el utilizado en el programa de que se trate. Repararás en que las estrellas 1 a 4 en el bucle de arriba están diseñadas de modo que vayan en orden decreciente de brillantez, pero la condición GOSUB no necesita estar en el mismo orden, como podemos ver en la figura 8.10. Todas las estrellas de números mayores que cuatro se trazan mediante un solo punto, y representan a las estrellas más mortecinas.

Graficos de estrellas 1 a 4=1



Graficos de estrellas 1 a 4=2



Graficos de estrellas 1 a 4=4



Graficos de estrellas 1 a 4=3

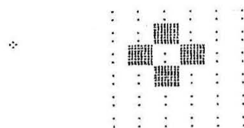


Figura 8.10. Formas de representar estrellas con diferentes brillos. A la izquierda se ve el tamaño real y a la derecha una ampliación para estudiar cómo están formadas.

Estas líneas condicionales citadas anteriormente sólo son un ejemplo de las que podrían utilizarse en el programa. Las permutaciones son infinitas. Supón, por ejemplo, que las primeras tres estrellas van a tener magnitud 0 (la más brillante) en cada una de las constelaciones del mapa estelar, y las dos siguientes, magnitud 1. La rutina leería entonces:

```
IF n < 4 THEN GOSUB 400 : NEXT n : REM mag 0 estrellas 1 a 3
IF n < 6 THEN GOSUB 100 : NEXT n : REM mag 1 estrellas 4 y 5
If  n = 6 THEN GOSUB 300 :         REM mag 2 estrellas 6
```

y así sucesivamente, hasta el final de las secuencias que se requieran. Fíjate en que las dos primeras líneas condicionales deben incluir la instrucción NEXT n para que, de esta forma, el programa no abandone la línea hasta que no se satisfaga la condición.

```
     REM ************************
   2 PRINT "Graficos de estrella
s";: REM ************************
   3 PRINT " 1 a 4=";INKEY$
   4 PAUSE 0: LET a=VAL INKEY$
   5 CLS : IF a>4 THEN RUN
   6 LET x=99: LET y=80
   7 PRINT AT 0,21;a
   8 GO SUB a*100: GO SUB 1000
   9 PRINT AT 0,0;: GO TO 1
  10 REM ************************
 100 PLOT x,y: DRAW 2,2
 110 DRAW 2,-2: DRAW -2,-2
 120 DRAW -2,2
 199 RETURN
 200 PLOT x,y: DRAW 0,2
 210 PLOT x+1,y+1: DRAW -2,0
 299 RETURN
 300 PLOT x,y: DRAW 1,1
 310 DRAW 1,-1: DRAW -1,-1
 399 RETURN
 400 PLOT x,y: DRAW 4,0
 410 PLOT x+2,y-2: DRAW 0,4
 420 PLOT x,y-2: DRAW 4,4
 430 PLOT x,y+2: DRAW 4,-4
 440 PLOT  OVER 1;x+2,y
 499 RETURN
 999 REM ************************
1000 FOR n=0 TO 5: FOR f=0 TO 5
```

```
1010 IF POINT (x+n-1,y+f-2)=1 TH
EN  PRINT AT 10+f,16+n;CHR$ 143
1011 IF POINT (x+n-1,y+f-2)=0 TH
EN  PRINT AT 10+f,16+n;CHR$ 58
1020 NEXT f: NEXT n: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Grafest."
```

Estrellas parpadeantes

Hay dos formas básicas de conseguir que una estrellas (un simple punto) se encienda y se apague utilizando la orden OVER, y pueden resultar útiles para hacer que un punto en particular llame la atención en tus programas de mapas estelares. Tienes la opción de que la estrella permanezca visible o desaparezca al final de la secuencia de parpadeo.

Rutina que utiliza dos bucles FOR/NEXT para simular el parpadeo de una estrella

La siguiente rutina de una línea, muestra los usos principales de los dos bucles FOR/NEXT. El f controla el número de parpadeos y el n actúa para encender o apagar (1 ó 0), mediante la orden OVER. Para que el parpadeo se haga manifiesto y no pase desapercibido, hay que incluir una pausa (PAUSE 10). Verás que el bucle n termina con el valor 0: de esta forma, la estrella permanece visible después de que ha finalizado la rutina. Si los valores del bucle FORT/NEXT n están invertidos, así:

... : FOR n = 0 TO 1 : ...

(omitiendo la rutina STEP, ahora superflua), la estrella desaparecerá al finalizar la rutina con la orden PLOT OVER 1, que borra el punto.

```
1000 PRINT "estrella parpadeante
": FOR f=0 TO 10: FOR n=1 TO 0 S
TEP -1: PLOT  OVER n;200,100: PA
USE 10: NEXT n: NEXT f
```

Rutina que utiliza un solo bucle FOR/NEXT para simular el parpadeo de una estrella

Esta rutina es, probablemente, de uso más sencillo, y demuestra la forma tan singular que tiene de operar la orden OVER. Esta orden se coloca siempre a 1 (se le da

siempre el valor 1), con lo que no se pinta la posición del punto (lo ''hace'' invisible). Sin embargo, al no ''pintar'' una posición de punto ''no pintado'', mediante el valor siguiente del bucle FOR/NEXT, éste se hace visible. De esta forma, la orden OVER, a través del bucle FOR/NEXT, será

OVER 1 ... OVER 0 ... OVER 1 ... OVER 0 ...

y la estrella parpadeará en la forma deseada.

Si el bucle FOR/NEXT tiene un número de pasos efectivos impares, (2 TO 10 = = 9 pasos), el valor final de la orden OVER será 0, y la estrella quedará pintada y visible al finalizar la rutina —véase la línea 1000—. Si el bucle FOR/NEXT tiene un número par de pasos (1 TO 10 = 10 pasos en la línea 1001), la estrella desaparecerá con una condición final de PLOT OVER 1.

```
1000 PRINT "parpadeo encendido":
 FOR f=2 TO 10: PLOT  OVER 1;200
,100: PAUSE 10: NEXT f
```

```
1001 PRINT "parpadeo apagado": F
OR f=1 TO 10: PLOT  OVER 1;200,1
00: PAUSE 10: NEXT f
```

Movimiento estelar

La Astronomía, el estudio de los cielos, es la ciencia más antigua, pues data del año 2000 antes de Cristo, de los caldeos de Asia Menor, que dieron nombre a los grupos de estrellas o constelaciones que hoy nos son familiares. Una característica importante de las constelaciones es que, después de 4.000 años, las vemos idénticas a como las vieron aquellos astrónomos, a pesar de que hoy sabemos que la mayor parte de las estrellas se mueven a través del espacio a decenas de kilómetros por segundo.

¿Por qué las constelaciones no se han deformado hasta hacerse irreconocibles, a causa de este movimiento aleatorio? Simplemente porque, al estar tan lejos las estrellas —las distancias se miden en decenas de años luz— los movimientos individuales no son detectables a simple vista. Solamente una estrella, Arturo, que se encuentra a una distancia de 36 años luz, se ha movido perceptiblemente desde que se trazara el primer mapa estelar griego, e incluso esta variación es muy pequeña —aproximadamente, una desviación igual al diámetro de la Luna (1/2°).

Para percibir el cambio de forma de las constelaciones, necesitamos disponer de una escala temporal de cientos y cientos de años. Este programa simula este efecto en dos grupos seleccionados de estrellas (el Carro y Orión). Los datos están tomados de la obra de Hutchinson ''El esplendor de los cielos'', 1923. Tienes la opción de hacer

que las estrellas dejen "estelas" en la pantalla o de trazarlas mediante un punto móvil. La representación en pantalla se hace en vídeo inverso-BORDER 0: PAPER 0: INK 9

Para que el trazado de la constelación seleccionada sea lo más fluido posible, las posiciones individuales de las estrellas en a$ deben introducirse en matrices dimensionadas "x" e "y", coordenadas de posición de cada estrella. Estas matrices incorporan los llamados "valores de movimiento propio" en m$ Más adelante, explicaremos con detalle cómo se calculan estos valores de m$.

Ahorro de memoria

El método que se utiliza para manipular los datos ahorran memoria RAM del Spectrum; aunque en este caso no tenemos realmente necesidad de ello, la técnica puede ser interesante y quizás útil para tu programación. Como habrás notado, a$ contiene las posiciones de las estrellas y éstas se expresan mediante números de 2 bytes (véase línea 90).

línea 90 09 ("x" coordenada estrella 1)
17 ("y" coordenada estrella 1)
18 ("x" coordenada estrella 2)
20 ("y" coordenada estrella 2)

y así hasta el final (estrella 16).

m$ contiene dos números de 1 bit por estrella, para indicar el movimiento "xx", "yy" de la estrella; así, la longitud (LEN) de las respectivas m$ es precisamente la mitad que la a$ asociada. Las matrices a$ y m$ se repiten hasta el final de los datos: cada constelación utiliza una pareja. Para que al procesarse el programa se utilicen los datos correctos, debe incorporarse una instrucción condicional GOTO inmediatamente después de cada dos cadenas alfanuméricas, es decir:

```
110 1F b$(1) = "P" THEN GOTO 150
```

luego, el programa saltará fuera de la zona de datos (DATA), portando los últimos valores de m$ y a$ leídos. Las dos últimas cadenas no necesitan una instrucción condicional GOTO, ya que se las selecciona por defecto. Entre las líneas 110 y 120 hay espacio para que introduzcas tres constelaciones más mediante tus propios datos, sin necesidad de reenumerar líneas o utilizar instrucciones multilínea.

Recuerda que la primera letra de b$ que se usa en el INPUT de la línea 30 para el nombre de la constelación, debe estar incluida en la instrucción condicional GOTO. En la líneas 110 es "Os" para el Carro. Al requerir que solamente hayan de ser correctas dos letras (las primeras), el programa ignorará las faltas ortográficas que cometas (una precaución necesaria, por cuanto algunos nombres de constelaciones pueden ser muy difíciles).

Selección de datos

La longitud (LEN) de m$ se utiliza ahora para dimensionar las matrices "x" e "y", y la rutina de la línea 270 se usa para introducir los datos en estas matrices. En el caso de Orión, en el que hay que calcular, para los subsiguientes trazados, 20 estrellas y 20 posiciones por cada una, esto supone 400 posiciones "x" y 400 posiciones "y". El Spectrum emite el mensaje "estoy calculando", mientras efectúa los cálculos necesarios. Por supuesto, podrías colocar todas las constelaciones (ya se llamen para su representación inmediata o no) en una matriz dimensionada, pero 800 bytes por constelación parecen un tanto innecesario, al menos para este programa, en el que las matrices se dimensionan solamente si se llama a esa constelación para representarla.

Valores de movimiento propio

El objetivo de este programa es colocar los valores de movimiento propio en m$, lo que permite a las estrellas moverse en cualquier dirección y a cualquier velocidad a través de la pantalla. La figura 8.11 explica el fundamento.

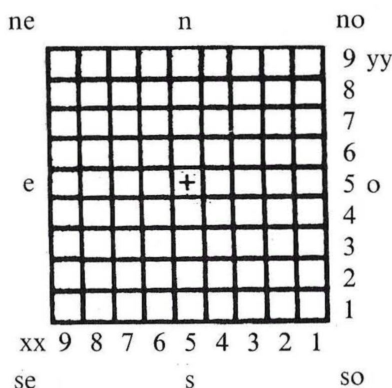


Figura 8.11. Cuadrícula que se emplea en el programa de "Movimiento estelar" para estimar los movimientos relativos de las estrellas. Las coordenadas "xx" e "yy" se miden desde la esquina inferior derecha. Como se puede observar, el este y el oeste están colocados al contrario que en los mapas; en Astronomía es usual representar el cielo con el este a la izquierda del sur.

La cuadrícula se divide en nueve cuadros horizontales (coordenadas "x") y nueve verticales (coordenadas "y"), 81 en total. A diferencia de los sistemas PRINT y PLOT del Spectrum, estas coordenadas comienzan a contarse en el ángulo inferior derecho. Una estrella inmóvil estaría situada en el centro de la cuadrícula y tendría coordenadas "xx" e "yy" de 55. Cuando una estrella se sitúa más lejos del centro de la red, su velocidad se incrementa proporcionalmente y en la dirección indicada. Por ejemplo, un valor 46 representa un pequeño movimiento hacia el noroeste (esquina superior derecha). Un valor 19 indica el mayor movimiento hacia el noroeste, y así para todos los puntos. La figura 8.12 muestra algunos valores típicos.

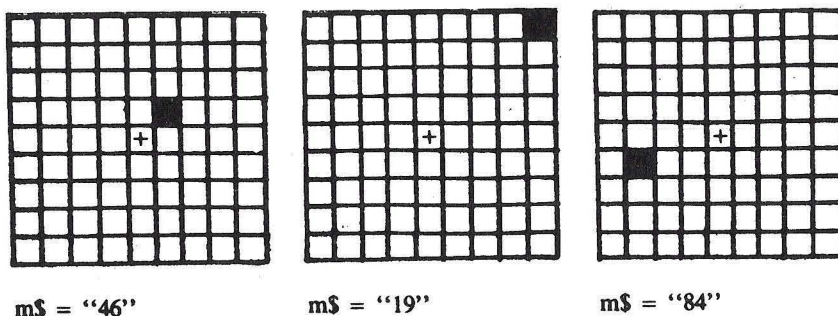


Figura 8.12. Ejemplo de valores que pueden usarse en el programa. Cuanto más lejos estén las coordenadas del centro de la cuadrícula, más deprisa se moverán en esa dirección. Los valores de las coordenadas se almacenarán en m$.

Antes de introducir el valor de m$ en las matrices "x" e "y", se resta 5 a cada número. Así, nuestro valor de m$ 55 se queda en 00, es decir, sin movimiento relativo, y 46 quedaría como —1 + 1. De esta forma, en m$ sólo tenemos números positivos, aunque algunas veces se requieran valores negativos. La conversión se efectúa en las líneas 180 y 190. El bucle FOR/NEXT f de la línea 220, asigna los valores a las matrices "x" e "y", que se incrementan por los valores de m$ en las líneas 230 y 250. En la representación final, el bucle FOR/NEXT contiene 20 pasos (STEP) y la mitad (paso 10) representa la forma de la constelación seleccionada, tal como la conocemos en la actualidad. Con todo ello, el programa resulta conciso, pero de potentes resultados.

Representación en pantalla

El método para preparar los mapas estelares en el Spectrum se describe más exsahustivamente en el programa Mapas de estrellas. Aquí es suficiente decir que este ejemplo emplea una resolución de pantalla de 64*44 posiciones de puntos en los datos de a$, y que se expande al total de 356*176 del Spectrum, multiplicando por 4 cada posición pintada en la línea 360. Si amplías el programa para incluir tus propias constelaciones, procura eludir el borde de la pantalla. El movimiento propio en un movimiento estelar provocará que el programa se pase si intentas dibujar con valores mayores que las coordenadas máximas (255 para "x" y 175 para "y"). Las figuras 8.13, 8.14 y 8.15 son dos copias típicas de la pantalla.

Magnitud estelar

Los astrónomos miden el brillo aparente de las estrellas mediante una escala llamada magnitud. La primera clasificación se debe a Hiparco, que en el 127 antes de

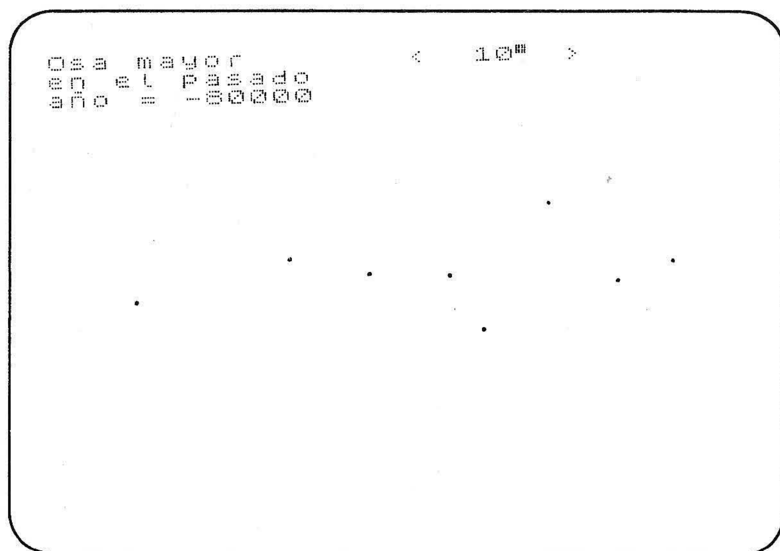


Figura 8.13. La Osa Mayor en el pasado: año —80000.

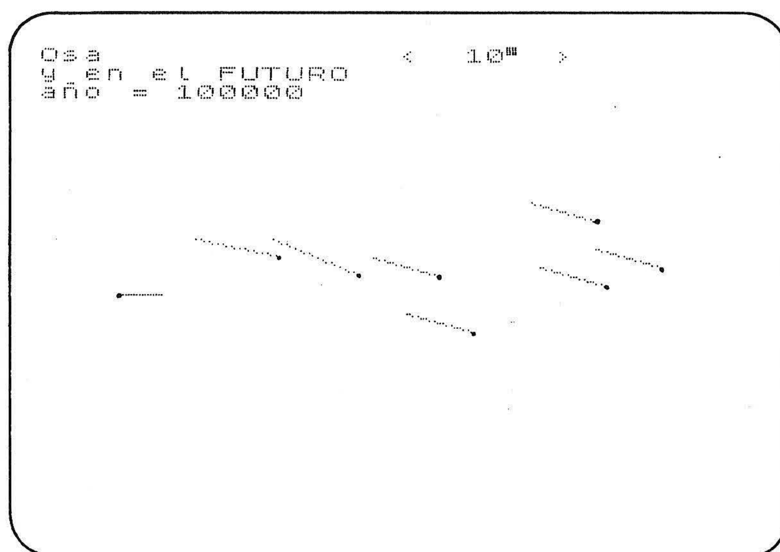


Figura 8.14. La Osa Mayor en el futuro: año 100000.

```
   9 REM ***********************
  10 REM  Movimiento estelar
  19 REM ***********************
  20 LET c$=""
  30 INPUT  FLASH 1;"Osa mayor u
 Orion ";b$
  40 INPUT "Trazado con rastro?(
s/n) "; LINE t$
  50 IF c$=b$(1) THEN  GO TO 290
  60 LET c$=b$( TO 2)
  70 BORDER 0: PAPER 0: CLS
  80 INK 9: FOR n=1 TO 9: PRINT
 PAPER n; FLASH 1;AT 5+n,10;"COM
PUTANDO": NEXT n: GO SUB 500
  84 REM ***********************
  85 REM         datos
  86 REM ***********************
  90 LET a$="0917182225213320361
44726481953 21"
 100 LET m$="35949384842 68484"
 110 IF b$( TO 2)="Os" THEN  GO
TO 150
 120 LET a$="2533333736313020322
1342232142809401136 19"
 130 LET m$="944997974979959549 4
9"
 139 REM ***********************
 140 REM calc. posiciones est.
 141 REM ***********************
 150 DIM x(LEN m$,20)
 160 DIM y(LEN m$,20)
 170 FOR n=1 TO LEN m$ STEP 2
 175 LET h=n*2
 180 LET d=VAL m$(n)-5
 190 LET e=VAL m$(n+1)-5
 200 LET a=VAL a$(h-1 TO h)+d
 210 LET b=VAL a$(h+1 TO h+2)+e
 220 FOR f=1 TO 20
 230 LET a=a-d/10
 240 LET x(n,f)=a
 250 LET b=b-e/10
 260 LET y(n,f)=b
 270 NEXT f: NEXT n
```

```
 279 REM ************************
 280 REM      pantalla
 281 REM ************************
 290 CLS : PRINT  INK 6;b$,"<  1
0";CHR$ 130;" >","en el pasado"'
"a o ="
 300 FOR n=1 TO 20
 310 LET y=-1e5+1e4*n
 320 PRINT AT 2,6;y;"        "
 330 IF t$="s" THEN  FOR f=1 TO
0 STEP -1
 340 IF t$<>"s" THEN  FOR f=0 TO
 1
 349 REM ************************
 350 FOR p=1 TO LEN m$ STEP 2
 360 PLOT  BRIGHT 1; OVER f;x(p,
n)*4,y(p,n)*4
 370 NEXT p:     REM dibuja las e
strellas
 371 REM ************************
 380 IF y=0 AND f=0 THEN  GO SUB
 430
 390 IF y=1e5 AND f=0 THEN  GO S
UB 420
 400 PAUSE 1+10*(1-f)
 410 NEXT f
 420 NEXT n: GO SUB 500
 425 GO TO 30
 429 REM ************************
 430 REM   imprime comentarios
 431 REM ************************
 440 PRINT  INK 5;AT 1,0;"Hoy ";
b$;"           ": GO SUB 500
 450 PRINT  INK 4;AT 1,0;"y en e
l FUTURO          ": RETURN
 489 REM ************************
 490 REM parpadeo de borde, beep
 491 REM ************************
 500 FOR v=0 TO 5: FOR k=7 TO 0
STEP -1: BORDER k: BEEP .01,40-k
: NEXT k: NEXT v: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Movest." LINE 1
```

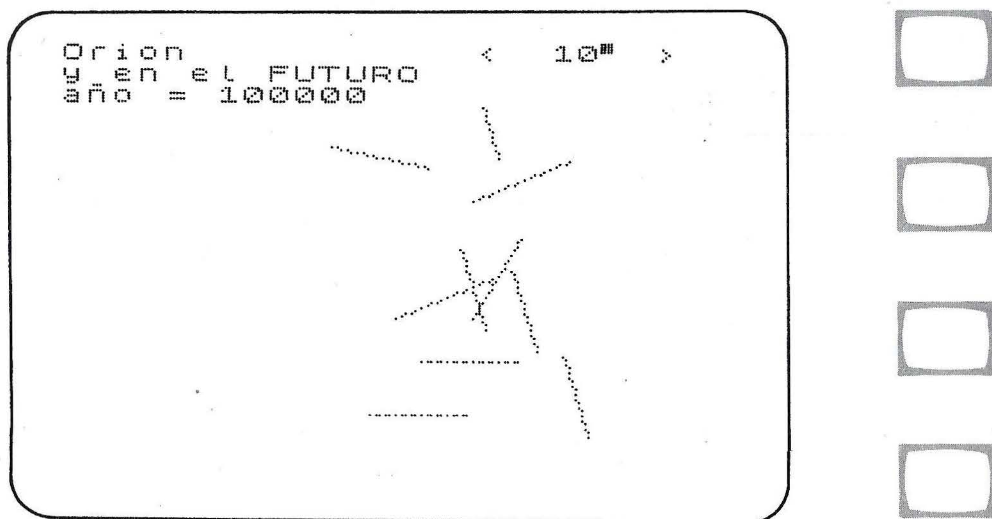


Figura 8.15. Orión en el futuro: año 200000.

Cristo, describió "las estrellas más brillantes con magnitud 1" y "las menos brillantes con magnitud 6", con cuatro niveles intermedios. Este sistema se utiliza aún, básicamente, pero, por supuesto, corregido y explicado matemáticamente, principalmente por Pogson, en el siglo pasado. Pogson atribuye un valor de 2,512 a la relación entre la magnitud de una estrella y la de la siguiente, lo que supone que la relación entre una estrella de primera magnitud y otra de sexta magnitud, apenas visible a simple vista, será de 100:1*.

Pogson observó también que el logaritmo decimal de 2,512 es precisamente 0,4, lo que simplifica notablemente el cálculo.

Este programita utiliza un solo bucle FOR/NEXT para imprimir en la pantalla una serie de magnitudes, desde −26 (el sol) hasta +24 (la estrella más débil detectada con el telescopio de 200 pulgadas de Monte Palomar, California). También se imprime (aparte de los brillos reales) la relación respecto a la estrella de referencia Vega. Nuestro Sol es 25.000.000 (2,51 E 10) de veces más brillante que Vega. Igualmente, Vega es 25.000.000 de veces más brillante que una estrella de magnitud +24 (ver figura 8.16).

Utilizando una serie de instrucciones PRINT condicionales, se añaden los nombres de los principales objetos que corresponden a magnitudes particulares. Se ha hecho que Vega parpadee, con objeto de identificarla fácilmente.

El Spectrum no emplea logaritmos decimales, sino logaritmos naturales (función LN), en base 2.71828..., de modo que la ingeniosa relación entre logaritmos decimales de Pogson tiene que adaptarse a este programa, mediante la línea 80, para dar una relación de 100:1 sobre cinco magnitudes.

* En resumen: "Las estrellas se clasifican según una progresión de razón k = 2,512" [*N. del T.*].

```
Mag  Nombre                 brillo rel.
-26  Sol                    2.5130195E+10
-25                         1.0004337E+10
-24                         3.9827293E+9
-23                         1.5855256E+9
-22                         6.3119815E+8
-21                         2.5128015E+8
-20                         1.000347E+8
-19                         39823839
-18                         15853881
-17                         6311434.2
-16                         2512583.6
-15                         1000250.2
-14                         398203.85
-13  Luna llena             158525.06
-12                         63108.868
-11                         25123.657
-10                         10001.735
 -9                         3981.6932
 -8                         1585.1131
 -7                         631.03396
 -6                         251.21479

 -5                         100.00867
 -4  Venus                  39.813479
 -3                         15.849757
 -2                         6.3097923
 -1  Sirius                 2.51193
  0  Vega-referenc.         1
 +1                         0.39810027
 +2                         0.15848382
 +3                          .063092451
 +4                          .025117122
 +5  Urano                   .0099991328
 +6                          .0039806574
 +7                          .0015847008
 +8  Neptuno                 .0006308698
 +9                          .00025114943
+10  Est. Barnard            .000099982656
+11                          .000039803122
+12                          .000015845634
+13                         6.3081509E-6
+14  Pluton                 2.5112766E-6
+15                         9.9973986E-7
+16                         3.9799871E-7

+17                         1.5844259E-7
+18                         6.3076039E-8
+19  Limite del ojo        2.5110588E-8
+20                         9.9965316E-9
+21                         3.9796219E-9
+22                         1.5842885E-9
+23                         6.3070569E-10
+24  Limite foto.           2.510841E-10
```

Figura 8.16. Tabla de magnitudes estelares. A la derecha se expresa el brillo real en comparación a la estrella Vega que se toma como referencia. A la izquierda, la escala de magnitudes de relativas usadas habitualmente por los astrónomos.

```
   9 REM ************************
  10 REM   Magnitud estelar
  11 REM ************************
  15 PRINT "Mag Nombre","  brill
o rel."
  20 FOR n=-26 TO 24 STEP 1
  30 PRINT  PAPER 6;(" " AND ABS
 n<10)+(" " AND n=0)+("+" AND n>
0);n;"  ";
  34 REM ************************
  35 REM  impresion condicional
  36 REM ************************
  37 PAPER 5
  40 PRINT ("Sol" AND n=-26);
  41 PRINT ("Luna llena" AND n=-
13);
  42 PRINT ("Venus" AND n=-4);
  43 PRINT ("Sirius" AND n=-1);
  50 PRINT  FLASH 1;("Vega-refer
enc." AND n=0);
  51 PRINT ("Urano" AND n=5);
  52 PRINT ("Neptuno" AND n=8);
  53 PRINT ("Est. Barnard" AND n
=10);
  60 PRINT ("Pluton" AND n=14);
  61 PRINT ("Limite del ojo" AND
 n=19);
  62 PRINT ("Limite foto." AND n
=24);
  70 PAPER 7
  74 REM ************************
  75 REM   mag. estelar (log.)
  76 REM ************************
  80 PRINT TAB 18;EXP (LN 2.5119
3*-n): NEXT n: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "Magnitudes"
```



Capítulo 9

Programas adicionales

He recopilado aquí una serie de programas que no encajaban bien en los capítulos anteriores, y que espero encuentres interesantes, aunque sean todos distintos entre sí.

El catálogo Messier

El hecho de que un cuerpo celeste lleve el nombre de una persona constituye un timbre de gloria para ella, pero los descubrimientos ocasionales son excepcionalmente raros, y hace falta conocer muy profundamente el firmamento para abrigar alguna esperanza de éxito.

Curiosamente, el astrónomo francés Charles Messier es célebre, no tanto por los muchos cometas que descubrió, sino por su *Catálogo de 104 objetos no estelares* (publicado en 1784), que constituye una seria advertencia para los incautos que mantengan falsas creencias: Cada objeto del ''Lista Messier'', es una remota nebulosa o galaxia del firmamento profundo que parece un cometa cuando se observa a través de un pequeño telescopio o de unos prismáticos.

El programa

El siguiente programa, diseñado en base a la ''Lista Messier'', indica cómo se pueden almacenar fácilmente datos mediante CODE formando una cadena ordenada.

1) Listado de los 104 objetos en orden numérico, con la constelación a la que pertenecen y el tipo de objeto.
2) Adivinanza sobre dónde está localizada una selección aleatoria de esos objetos.

Para avivar las representaciones y señalar tu puntuación, con la opción 2, se utiliza bastante el color del Spectrum.

En la segunda opción ve va recortando lentamente tu título inicial de ''ASTRÓNOMO'' cada vez que respondes incorrectamente.

Los datos se almacenan de la siguiente forma:

a$ = 104 caracteres en el margen 0 y 9 y A a Y (total = 35) para las constelaciones que contienen los 104 objetos.
c$ = 35 nombres abreviados de las constelaciones, tres caracteres.
k$ = 104 códigos (CODES) numéricos en el margen 0 a 5 (total = 6 CODES) para el tipo de objeto.

El código ASCII de los caracteres del 0 a 9 de A a Y no es consecutivo en el Spectrum, al contrario de lo que ocurre en el ZX-81 (para la que se diseñó este programa).

```
             Lista de Messier
             ****************
No      Con  Cod. Tipo

M1      TAU  S<>4 nebulosa difusa
M2      AQR  1<>2 cumulo globular
M3      CVN  4<>2 cumulo globular
M4      SCO  P<>2 cumulo globular
M5      SER  R<>2 cumulo globular

M6      SCO  P<>1 cumulo abierto
M7      SCO  P<>1 cumulo abierto
M8      SGR  O<>4 nebulosa difusa
M9      OPH  I<>2 cumulo globular
M10     OPH  I<>2 cumulo globular

M11     SCT  Q<>1 cumulo abierto
M12     OPH  I<>2 cumulo globular
M13     HER  D<>2 cumulo globular
M14     OPH  I<>2 cumulo globular
M15     PEG  K<>2 cumulo globular

M86     VIR  V<>5 galaxia externa
M87     VIR  V<>5 galaxia externa
M88     COM  9<>5 galaxia externa
M89     VIR  V<>5 galaxia externa
M90     VIR  V<>5 galaxia externa

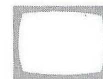
M91     ???  Y<>0 error de Messier!
M92     HER  D<>2 cumulo globular
M93     PUP  M<>1 cumulo abierto
M94     CVN  4<>5 galaxia externa
M95     LEO  E<>5 galaxia externa

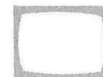
M96     LEO  E<>5 galaxia externa
M97     UMA  U<>3 nebulosa planetar.
M98     COM  9<>5 galaxia externa
M99     COM  9<>5 galaxia externa
M100    COM  9<>5 galaxia externa

M101    UMA  U<>5 galaxia externa
M102    ???  Y<>0 error de Messier!
M103    CAS  7<>1 cumulo abierto
M104    VIR  V<>5 galaxia externa
```

Figura 9.1. Lista de los primeros y últimos objetos de Messier.







```
            Test de Messier
            ****************
            AUR  CNC  CVN  CMA  CAP  CAS
CET  COM    CYG  GEM  HYA  HER  LEO  LEP
LYR  MON    OPH  ORI  PEG  PER  PUP  SGE
SGR  SCO    SCT  SER  TAU  TRI  UMA  VIR
VUL  PSC    ???

 En que constelacion esta M36.

   Esto es cumulo abierto

0 aciertos          2 fallos
               --------> quedan 8

 La respuesta es AUR

   Y te haces llamar ASTRONOM?
```

Figura 9.2. Ejemplo de funcionamiento del programa Messier en forma de test.

Por eso, a$ se opera de dos formas para extraer el dato usado en la variedad z, como sigue:

270 IF (CODE a$ (n)< 58 THEN LET z = 1 + VAL a$ (n): GOTO 290
280 LET z = CODE a$ (n)—54

Las líneas 410 y 420 operan de la misma manera. Consulta el *Manual del Spectrum* para ver los valores devueltos por los distintos códigos. k$ se emplea para devolver un valor usado en el GOSUB condicional, por ejemplo:

320 GOSUB 100 + VAL k$(n)*10 (GOSUB 100, 110, 120, etc.)

Y luego imprimir el tipo de objeto, por ejemplo, "un cúmulo abierto", y hacer que se ejecute de nuevo. La línea 480 opera de un modo similar.

Ejecución del programa

Una vez escrito el programa y después de que el ordenador lo haya ejecutado satisfactoriamente, se puede comprobar la representación en pantalla con las figuras 9.1 y 9.2. Es importante no olvidarse poner mayúsculas (CAPS LOCK), pues en la opción de test no se aceptarán las respuestas en minúsculas.

Si necesitas una pequeña ayuda y dispones de una impresora ZX, puedes copiar la «Lista Messier», página a página, con

BREAK COPY ENTER

Cuando finalices la copia, da la instrucción CONTINUE ENTER para la página siguiente.

```
  9 REM ************************
 10 REM Lista y test de Messier
 11 REM ***********************
 20 DIM b$(20): INK 9
 30 LET y$="ASTRONOMO "
 40 LET a$="S14PRPPOIIQIDIKROOI
0000000QWOA600TLB222AU5JJ35MMCVH4
7900GGVVVVP49EE3COON11XOL8JFPUUC
V9VV9VVYDM4EEU999UY7V"
 50 LET C$="AND AQR AUR CNC CVN
 CMA CAP CAS CET COM CYG GEM HYA
 HER LEO LEP LYR MON OPH ORI PEG
 PER PUP SGE SGR SCO SCT SER TAU
 TRI UMA VIR VUL PSC ??? "
 60 LET K$="42222114221222221412
4121111321255511111101441111515
1222235555255551222222152354222555
55555550215553555555015"
 70 GO TO 200
 100 PRINT "error de Messier!"
 105 RETURN
 110 PRINT "cumulo abierto"
 115 RETURN
 120 PRINT "cumulo globular"
 125 RETURN
 130 PRINT "nebulosa planetar."
 135 RETURN
 140 PRINT "nebulosa difusa"
 145 RETURN
 150 PRINT "galaxia externa"
 155 RETURN
 200 INPUT "Lista de Messier o T
est?(L or T)"; LINE l$: CLS : PA
USE 1
 210 IF l$<>"l" AND l$<>"L" THEN
 GO TO 360
 219 REM ************************
 220 REM          lista
 221 REM ************************
 230 PRINT TAB 8;"Lista de Messi
er"
 240 PRINT TAB 8;"***************
```

```
**": GO SUB 600
 250 PRINT "No   Con Cod. Tipo"
 260 PRINT : FOR n=1 TO 104
 270 IF CODE a$(n)<58 THEN  LET
z=1+VAL a$(n): GO TO 290
 280 LET z=CODE a$(n)-54
 290 LET j=VAL k$(n)
 300 BEEP .01,j*10: PAPER j
 310 LET x$=c$(z*4-3 TO z*4)
 320 PRINT "M";n;TAB 5;x$+a$(n)+
"<>"+k$(n);" ";
 330 GO SUB 100+VAL k$(n)*10
 340 IF n/5=INT (n/5) THEN  PRIN
T
 350 NEXT n: PAPER 7: GO TO 590
 359 REM ************************
 360 REM           test
 361 REM ************************
 370 LET c=0: LET w=0
 380 FOR n=1 TO 10: CLS
 390 LET r=1+INT (RND*103)
 400 IF r=40 OR r=91 OR r=102 TH
EN  GO TO 390
 410 LET k=VAL k$(r): BORDER k:
LET d=w
 420 IF CODE a$(r)<58 THEN  LET
z=1+VAL a$(r): GO TO 440
 430 LET z=CODE a$(r)-54
 440 LET x$=c$(z*4-3 TO z*4)
 450 PRINT TAB 8;"Test de Messie
r"
 460 PRINT TAB 8;"**************
*"
 470 PRINT  PAPER k;'c$+b$''"  E
n que constelacion esta M";r;+".
"+(" " AND r<100)+(" " AND r<10)
 480 PRINT '"   Esto es ";
 490 GO SUB 100+VAL k$(r)*10
 500 INPUT t$: LET t$=t$+" "
 510 IF t$=x$ THEN  LET c=c+1: G
O SUB 600
 520 IF t$<>x$ THEN  LET w=w+1
 530 PRINT ''c;" aciertos",w;" f
```

```
allos"
 540 PRINT  FLASH 1;AT 15,(d-w)*
15+3;"----------> ";"quedan ";10-n
 550 IF t$<>x$ THEN  BEEP .2,-16
: BEEP .5,-30: PRINT '" La respu
esta es "; FLASH 1;x$;AT 3+INT (
z/9),0;TAB (z-1)*4;x$
 560 PRINT  PAPER n-1;AT 19,0;"
 Y te haces llamar ";y$( TO 10-w
);"?"
 570 PAUSE 300: NEXT n
 580 PRINT  FLASH 1; PAPER 4'"
  El tiempo termino, ASTRONOMO"
 584 REM ************************
 585 REM         menu
 586 REM ************************
 590 GO SUB 600: PRINT #0;" Cual
quier tecla para continuar.": PA
USE 0: GO TO 200
 600 FOR a=-30 TO 30 STEP 5: BEE
P .1,a: NEXT a: RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Messier" LINE 1
```

Telescopio

Este programa permite responder a las siguientes cuestiones:

1) ¿Cuál es la estrella más mortecina que se puede contemplar con un telescopio de 6 cm o de 6 m?
2) ¿Cuál ha de ser la potencia útil máxima y la mínima del ocular que utilicemos?
3) ¿Por qué es inadecuado visualmente el telescopio de Hale de 5 m?
4) ¿Cuál es el tamaño de la superficie, en grados, que puede cubrir una cámara con una lente de 35 mm?
5) ¿Qué resolución fotográfica y visual tiene un telescopio de 15 cm?
6) ¿Qué rendimiento astronómico puedo esperar de mi telescopio/cámara?

La cuestión última engloba la mayor parte de las anteriores.

Las respuestas

La única particularidad de este programa, reside en que contiene todos los datos referidos a la utilización en Astronomía de telescopios, prismáticos y cámaras. Sólo se han de introducir dos datos: apertura del instrumento, en milímetros, y relación fo-

cal, o relación entre el diámetro de la lente (o de la cámara, por ejemplo) y la distancia focal que, a su vez, es la distancia entre la lente y la imagen que forma.

A partir de estos datos de entrada se pueden obtener, en un segundo, muchos datos para los que, de otra forma, necesitaríamos una biblioteca de referencia.

Escribe el programa y haz que el ordenador lo ejecute.

El programa

Este programa está basado en mi propia experiencia de muchos años ante el telescopio. El poder de resolución visual o "Darwes" de un telescopio se refiere a un instrumento perfecto, perfectamente alineado en una noche perfectamente clara, libre de turbulencias atmosféricas (en la que centellean las estrellas) y unos ojos experimentados. Los restantes datos no plantean problemas, algunos son indiscutibles (como la potencia de un ocular) y otros más conflictivos (como la máxima magnitud observable a simple vista en una noche clara lejos del reflejo de la ciudad).

La figura 9.3 muestra una copia de la pantalla para una cámara con objetivo f/4 y distancia focal 120 mm, y la figura 9.4 una copia de la pantalla con los datos de mi propio telescopio. Puede ser útil contrastar cada uno de los empleos con las correspondientes líneas del programa para explicar el significado de los datos.

Las primeras dos líneas del listado contienen los datos de la apertura y la relación focal; el producto de ambos nos da (tercera línea) la distancia focal. Las dos líneas siguientes contiene las potencias máximas y mínima de los oculares del sistema y sus respectivas distancias focales.

La línea que va a continuación de todas ellas en la figura 9.3 contiene el siguiente comentario, referido a la lente de la cámara:

"Objetivo no apropiado."

```
ASTROSCOPIO o ASTROGRAFO(cámara)

APERTURA(MM)  =    30 MM
REL. FOCAL    =    F/4
LONG./F            120 MM
POT.OC.MIN.(LF:24)  = x5
POT.OC.MAX.(LF:2)   = x60
OBJETIVO     NO    APROPIADO

ESCALA DE PLACA 1718"SG. ARCO/MM
CAMPO(36x24MM)  17.18° x  11.44°
RES. PEL. TRI-X 34.36"SG. ARCO
MAG. MIN. FOTOG.   +10.8

RES. VISUAL(DAWES)3.8"SG. ARCO
MAG. MIN. VIS.  +9.3

L.F. OCULAR  =  6MM  = x20
L.F. OCULAR  =  15MM  = x8
L.F. OCULAR  =  24MM  = x5
L.F. OCULAR  =  33MM  = x3
```

Figura 9.3. Características de un telescopio de 30 mm y distancia focal de 120 mm.



```
ASTROSCOPIO o ASTROGRAFO(camara)

APERTURA(MM)   =   444 MM
REL. FOCAL     =   F/4.5
LONG./F            1998 MM
POT.OC.MIN.(LF:27)  = x74
POT.OC.MAX.(LF:3.9)  = x500
TELESCOPIO APROPIADO

ESCALA DE PLACA 103"SG. ARCO/MM
CAMPO(36x24MM)  1.03° x 0.68°
RES. PEL. TRI-X 2.06"SG. ARCO
MAG. MIN. FOTOG.   +16.8

RES. VISUAL(DAWES)0.25"SG. ARCO
MAG. MIN. VIS.   +15.3

L.F. OCULAR    =   6MM  = x333
L.F. OCULAR    =   15MM  = x133
L.F. OCULAR    =   24MM  = x83
L.F. OCULAR    =   33MM  = x60
```

Figura 9.4. Características de un telescopio de 444 mm y distancia focal de 1.996 mm.

Lo que se resuelve cortando A$ y T$ en la línea 20, de acuerdo con las instrucciones condicionales de las líneas 170 y 180.

En este caso, la distancia focal es menor de 300 mm, por lo que no se considera como telescopio.

El siguiente grupo de cuatro líneas se refiere específicamente a las características fotográficas del instrumento. Las líneas se refieren, por este orden, al "escala de placa", o número de segundos de arco por mm de película, al área, en grados, que abarca una cámara de 35 mm, la potencia de resolución de la película TRI-X, en segundos de arco, y, finalmente, la estrella más mortecina que se puede registrar en una exposición, antes de que nos influya la luz difusa.

El siguiente grupo de dos líneas se refiere al poder de resolución visual (según la fórmula de Dawes) en segundos de arco y a los límites del campo visual del instrumento. Observa que un determinado telescopio o una determinada cámara registran estrellas en la película con una amplitud 1,5 veces menor de lo que el ojo humano registraría con el mismo instrumento. Esto se debe a que el ojo (una vez adaptado por completo a la oscuridad) no aumenta su capacidad visual después de un cuarto de segundo, por mucho que mire a través del ocular, mientras que las películas fotográficas elaboran una imagen perfecta lentamente, en segundos, minutos e incluso horas.

El ojo humano es mucho más sensible que la película más rápida 1000 ASA, pero se cansa fácilmente. También la potencia de resolución del ojo —punto por punto— es superior a todas las películas, excepto la más lenta, la 20 ASA.

La parte final del listado nos muestra algunas distancias focales típicas de oculares y la potencia efectiva con las lentes correspondientes. Esto está hecho mediante el bucle FOR/NEXT en las líneas 250 a 270. En la línea 290 se incluye una opción para sacar una copia de la pantalla.

Interpretación de los resultados

La experiencia práctica nos dice que es absurdo utilizar un telescopio de más de 500 aumentos. La atmósfera terrestre no es nunca lo suficientemente estable como para soportar semejante ampliación, sin deterioro de su nitidez y transparencia. La línea 100 introduce este límite superior: por otra parte, la línea 90 determina que el límite máximo sea la apertura × 2. La menor potencia útil del ocular viene dada por el diámetro máximo de la pupila humana, 7 mm cuando se ha adaptado a la oscuridad. La experiencia de numerosas pruebas me ha llevado a adoptar un diámetro de 6 mm. Efectivamente, cuando la potencia del ocular es demasiado pequeña, no llega a la retina toda la luz que recibe el telescopio, debido a la limitación física del diámetro del iris del ojo.

En el caso del telescopio de Halle de 200 pulgadas, de Monte Palomar, con una apertura neta superior a los 5.000 mm, necesitaríamos una potencia ocular mínima superior a × 750 para que llegase al ojo la luz, por la razón mencionada. Este telescopio gigante no está construido para que se mire por él, sino que es una enorme cámara para escudriñar las regiones más remotas del cosmos.

Las siguientes variables contienen las distintas fórmulas utilizadas en el programa:

A = apertura neta, en mm.
F = relación focal del sistema.
FL = distancia focal del sistema, en mm.
L = potencia ocular menor.
H = potencia ocular mayor.
V = limitación visual de la dimensión estelar.
P = tabla escalar en segundos de arco/mm.

Las dos últimas variables se usan también para lo siguiente:

P/100 = Amplitud del campo, en grados.
P/50 = Potencia de resolución de la película TRI-X en segundos de arco/mm.
V + 1,5 = Magnitud de fotolimitación.
114/A = Resolución visual Dawes.

```
   4 REM ************************
   5 REM  Caracteristicas de un
   6 REM  telescopio o camara
   7 REM ************************
  10 CLS : PRINT  PAPER 5;"ASTRO
SCOPIO o ASTROGRAFO(camara)"''
  15 PLOT 0,167: DRAW 255,0
  20 LET A$="NO  APROPIADO": LE
T T$="TELESCOPIOOBJETIVO   "
  24 REM ************************
  25 REM    entrada de datos
```

```
  26 REM ************************
  30 PRINT "APERTURA(MM) =",
  40 INPUT A: IF A<6 THEN  GO TO
 40
  50 PRINT INT A;" MM","REL. FOC
AL  =",: INPUT F
  60 PRINT "F/";F
  64 REM ************************
  65 REM         formulas
  66 REM ************************
  70 LET FL=INT (A*F)
  80 LET L=INT (A/6)
  90 LET H=INT A*2
 100 IF H>500 THEN  LET H=500
 110 LET V =1.9+INT (LN (A*A)*11
)/10
 120 LET P=INT (206264/FL)
 130 PRINT "LONG./F",FL;" MM"
 134 REM ************************
 135 REM poten. oculares max/min
 136 REM ************************
 139 PAPER 6
 140 PRINT "POT.OC.MIN.(LF:";INT
 (FL/L+.5);") = "; "x";L
 150 PRINT "POT.OC.MAX.(LF:";INT
 (FL/H*10)/10;") = ";"x";H
 154 REM ************************
 155 REM  comentarios con parp.
 156 REM ************************
 160 IF L>=H THEN  PRINT  FLASH
1;T$( TO 10);A$
 170 IF L<H AND A>=25 AND FL>=30
0 THEN  PRINT  FLASH 1;T$( TO 10
);A$(5 TO )
 180 IF L<H AND A<25 OR FL<300 T
HEN  PRINT  FLASH 1;T$(11 TO );A
$
 184 REM ************************
 185 REM    datos fotograficos
 186 REM ************************
 190 PAPER 5: PRINT ,,"ESCALA DE
PLACA",P;CHR$ 34;"SG. ARCO/MM"
 200 PRINT "CAMPO(36x24MM)",INT
```

```
(P)/100;CHR$ 130;" x ";INT (P*.6
66)/100;CHR$ 130
 210 PRINT "RES. PEL. TRI-X",INT
 (P*2)/100;CHR$ 34;"SG. ARCO"
 220 PRINT "MAG. MIN. FOTOG. ";
"+";V+1.5
 224 REM ************************
 225 REM     datos a visualizar
 226 REM ************************
 229 PAPER 6
 230 PRINT ,,"RES. VISUAL(DAWES)
";INT (11400/A)/100;CHR$ 34;"SG.
 ARCO"
 240 PRINT "MAG. MIN. VIS.","+";
V,,,
 244 REM ************************
 245 REM      datos oculares
 246 REM ************************
 250 FOR N=1 TO 6 STEP 1.5
 260 PRINT  PAPER 6;"L.F. OCULAR
  =",6*N;"MM = x";INT (FL/6/N)
 270 NEXT N: PAPER 7
 275 REM ************************
 280 PRINT #0;"'z'para COPIA,'r'
para empezar": PAUSE 0
 290 IF INKEY$="z" THEN  COPY
 300 RUN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Lentes" LINE 1
```

Test de estrellas

Este es un corto programa de demostración, que muestra cómo resolver una sencilla adivinanza, mediante preguntas y respuestas.

Obviamente, la adivinanza no tiene por qué referirse a la Astronomía, pero este es el tema de nuestro libro. El programa comienza con sólo diez nombres de estrellas, agrupados en parejas en a$, demasiado pocos para que sea realmente efectivo. Los nombres alternativos de cada estrella son, en el ejemplo, ‘‘Antares = Alpha Scorpio’’, ‘‘Regulus = Alpha Leonis’’. De este modo, el programa está preparado para que el usuario lo amplíe, quizás con nombres de parejas totalmente distintos.

El programa

El programa funciona del siguiente modo: Una matriz dimensionada en la línea 30, acepta (en este caso) 10 nombres de 13 caracteres como máximo para que se puedan contener las a$ más largas a$(2), a$(6) y a$(10) tienen todos un total de 13 letras y espacios. Una matriz de una dimensión, b$(13), está preparada para recibir las respuestas que se introducen (INPUT) en la línea 230.

El ordenador plantea al usuario diez cuestiones, por medio del bucle FOR/NEXT, en línea 160. La variable "z", en la línea 170, selecciona un número aleatorio comprendido entre 1 y 10, y representa en la pantalla el valor de a$ con este número.

El ordenador decide también que la respuesta será:

a$(z + t)

donde la variable "t" se comporta como un conmutador.

Ejemplo:

if z = 1 then t = 1
if z = 2 then t = —1

y así para cada número par o impar de "z", de manera que "t" tenga un valor de 1 ó —1, Según el caso. Si se comprueban los valores de a$(1) y a$(10) en las líneas 40 a 130 inclusive, se puede ver que el ordenador ha identificado cada respuesta correctamente, agrupando a$ en parejas.

En la línea 230 se introduce la respuesta y se representa en pantalla sobreimprimiendo el signo "?" mediante la expresión PRINT CHR$ 8; b$. Las líneas 310 y 320 anotan las respuestas y totalizan el número de resultados correctos, con las variables de puntuación que se representan al final del bucle "f".

El programa efectúa un desplazamiento automático de la pantalla mediante la instrucción POKE (POKE 23692, 255) escribiendo en la parte inferior de la pantalla por debajo de la línea número 21, de forma que las preguntas y respuestas ascienden desde la parte inferior de la pantalla, próxima a la línea 22. Esto se efectúa mediante la línea 350. La figura 9.5 es una muestra típica de la representación en pantalla.

Aunque el ordenador busca la respuesta correcta en letras mayúsculas y minúsculas, no hay suficientes permutaciones en un margen numérico de 0 a 10 sin que se produzcan frecuentemente repeticiones. Idealmente, el número mínimo de preguntas podría ser 30, más o menos, es decir, 15 parejas de preguntas/respuestas, aunque deberían ser más para evitar repeticiones. El programa se puede modificar para que pueda recibir, con cambios mínimos, preguntas extras que se pueden efectuar de dos maneras.

1. *Lista adicional en a$*

Esto es bastante sencillo y supone, simplemente, la introducción de más valores a$ en el listado, comenzando con a$(11). Suponiendo que se mantienen en el listado las

```
1)Vega              es  Regulus
Alpha Lyrae      es  la  respuesta!!

2)Alpha Scorpii  es  Alpha Leonis
Antares          es  la  respuesta!!

3)Alpha Lyrae     es  Vega
Vega              es  correcto

4)Alpha Lyrae     es  Vega
Vega              es  correcto

5)Alpha Leonis    es  Antares
Regulus          es  la  respuesta!!

6)Vega              es  ?
```

Figura 9.5. Ejemplo del funcionamiento en pantalla del test de estrellas.

diez primeras preguntas/respuestas. Para mayor claridad, se podrían reenumerar las líneas 40 a 130 (quizás como líneas 40 a 50 inclusives) y los nuevos datos añadidos a$ comenzarán en la línea 51:

51 LET a$(11) = "... nombre est. 6a ..."
52 LET a$(12) = "... nombre est. 7a ..."
53 LET a$(13) = "... nombre est. 6a ..."
54 LET a$(14) = "... nombre est. 7a ..."
55 LET a$(15) = "...

y así con todos los datos extras. Finalmente, hay que modificar la matriz dimensionada de la línea 30 para que tenga en cuenta las preguntas extras excluidas:

30 DIM a$ (número total en a$, 13) = DIM b$ (13)

y modificar el último valor en la línea 170:

170 LET = 1 + INT (12ND, número total de preguntas en a$)

El programa se puede ejecutar ya con RUN (RUN, porque todo el programa está en el listado).

2. *Subrutina INPUT*

No es necesario que aparezcan en el programa las preguntas y respuestas, y se pueden introducir mediante una subrutina del siguiente modo:

— Borra las líneas 20 a 130 inclusive.
— Modifica la línea 280 (última orden): pon GOTO 1 (en lugar de RUN).
— Añade la subrutina 400 DIM a$ (50,13): DIM b$(13).

Estas modificaciones nos permiten procesar 50 preguntas/respuestas -25 parejas— de un máximo de 13 caracteres de longitud, incluidos los espacios.

```
410 FOR n = 1 TO 50
420 PRINT n; ""; LET c$ = ""
430 INPUT c$: PRINT c$
440 IF c$ = "FIN" THEN STOP
450 LET a$(n) = c$
460 NEXT n: STOP
```

La subrutina comienza con GOTO 400 y las parejas de preguntas/respuestas se introducen secuencialmente. No es necesario llenar totalmente la matriz a$ si se te acaban las preguntas. Limítate a dar la orden "stop" para que el programa se detenga, mediante la instrucción de la línea 140. Para mayor precaución, puede guardarse (SAVE) ahora el programa, mediante la orden GOTO 9990 y verificarlo (VERIFY). Modifica la línea 170:

```
LETz = 1 + INT (RND*(n—1))
```

La variable "n" tiene el último valor + 1 utilizado en el bucle de las líneas 410-460. El programa debería guardarse y verificarse como versión número 3, mediante la modificación de la línea 9990, de modo que sea:

```
9990 SAVE "Testest 3" LINE 1
```

y luego, como orden directa, GOTO 9990. La modificación asegurará que el programa comience automáticamente cuando lo cargemos con LOAD "", o LOAD "Testest 3". Esto evita presionar la tecla RUN, que podría borrar todo los datos contenidos en el ordenador. Naturalmente no se perdería todo; habría simplemente que cargar de nuevo, pero esta vez se daría la orden GOTO 1.

Una vez que tenemos el programa a salvo en una cinta, es el momento de probarlo, comenzando con la orden GOTO 1.

Adición de más preguntas

Si hemos planteado inicialmente menos de 50 preguntas/respuestas, podemos añadir más, utilizando la instrucción BREAK para introducirnos en el programa y dando la instrucción directa:

```
CLS: GOTO 420
```

A fin de recoger la subrutina de introducción donde la dejamos y comenzar de nuevo con el bucle N. También aquí se puede dar fin a la entrada, antes de completar los 50 datos, mediante la instrucción:

INPUT "STOP"

como orden directa para comenzar de nuevo el test con la instrucción GOTO 1. El valor actual de n actualizará el valor máximo del número aleatorio para la variable "z". Es prudente guardar todas las versiones en que se introduzcan más datos, antes de comprobar el funcionamiento. De lo contrario, podrías arrepentirte.

```
  9 REM ************************
 10 REM    Test de estrellas
 11 REM ************************
 20 REM       datos
 30 DIM a$(10,13): DIM b$(13)
 40 LET a$(1)="Antares"
 50 LET a$(2)="Alpha Scorpii"
 60 LET a$(3)="Regulus"
 70 LET a$(4)="Alpha Leonis"
 80 LET a$(5)="Betelgeuse"
 90 LET a$(6)="Alpha Orionis"
100 LET a$(7)="Vega"
110 LET a$(8)="Alpha Lyrae"
120 LET a$(9)="Rigel"
130 LET a$(10)="Beta Orionis"
140 LET score=0
149 REM ************************
150 REM    bucle principal
151 REM ************************
160 FOR f=1 TO 10: LET t=1
170 LET z=1+INT (RND*10)
180 LET q=z/2
190 IF INT q=q THEN  LET t=-1
200 GO SUB 340: REM scroll
210 PRINT f;")";a$(z);" es ?";
220 LET x$=a$(z+t)
230 INPUT b$: PRINT CHR$ 8;b$
240 GO SUB 300: LET x=z
250 GO SUB 340: PRINT : NEXT f
259 REM ************************
260 REM reejecuta el programa
261 REM ************************
```

```
 270 GO SUB 340: PRINT "Puntuaci
on=";score;"resp. correctas"
 280 PRINT  FLASH 1;"Otro intent
o? -apretar una tecla": PAUSE 0:
 RUN
 289 REM ************************
 290 REM   imprime respuestas
 291 REM ************************
 300 GO SUB 340: REM ***scroll
 310 PRINT  PAPER 5; FLASH 1 AND
 b$<>x$;x$;
 320 IF b$=x$ THEN  LET score=sc
ore+1: PRINT  PAPER 6; FLASH 1;"
 es correcto": GO TO 340
 330 PRINT  PAPER 5;"es la respu
esta!!"
 339 REM ************************
 340 REM   scroll automatico
 341 REM ************************
 350 POKE 23692,255: PRINT AT 20
,0: PRINT : RETURN
9900 REM ************************
9990 SAVE "Testest."
```

Elipses

El Spectrum (al igual que muchos otros microordenadores) carece de una función para la representación astronómica de elipses, pero puede paliarse este inconveniente con rutinas como las que aquí presentamos, utilizando las funciones trigonométricas SIN (seno) y COS (coseno), de que sí dispone. Estas rutinas son mucho más útiles que algunos ejemplos publicados, que emplean complejas fórmulas algebraicas. Además, si hacemos que las rutinas sean breves, aseguramos una rápida ejecución del resultado, aligerando el proceso de trazado.

Una elipse no es más que un círculo visto vesde un ángulo tal que percibimos su forma comprimida. Todas las rutinas se pueden hacer, con pocos cambios, de modo que el ordenador trace las elipses en el sentido de las agujas del reloj, o en sentido contrario, y que el eje mayor sea horizontal o vertical.

Las rutinas de elipses

Escribe y haz que el ordenador ejecute la primera rutina llamada Elipse (véase figura 9.6). Observarás que, en la mayor parte de los casos, los nombres de las variables son suficientemente largos como para describir su función en el programa:

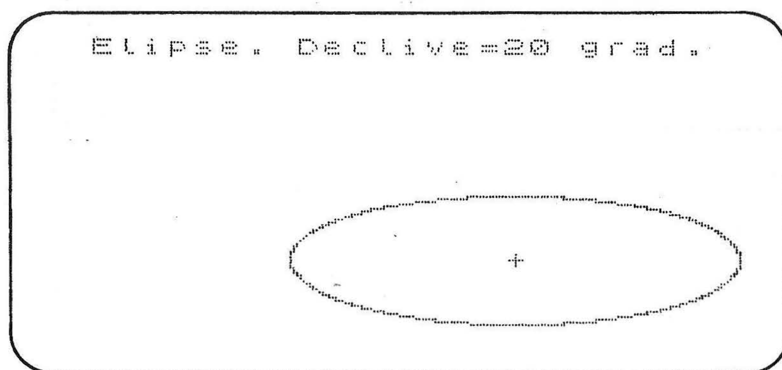


Figura producida por el programa "Elipse".

xaxis = x (horizontal) coordenada de posición
yaxis = y (vertical) coordenada de posición
rad = valor máximo del radio de la elipse, llamado semieje mayor
declive = entrada (INPUT) del ángulo de inclinación del círculo
ángulo = factor de comprensión para producir una elipse

La fórmula del ángulo variable contiene un pequeño factor de correción 0,1, sumado a la variable "declive", que se introdujo para evitar que el programa se pare, cuando se introdujera un ángulo de 0° (con el cual, el círculo se mostraría de canto). El valor devuelto para 0° sería infinito, lo cual sobrepasa la capacidad numérica del Spectrum, comprendida entre 3×10^{-39} y 7×10^{38}. La pequeña rutina llamada Valores del Ángulo de la Elipse muestra los valores que son devueltos por la fórmula llamada ángulo entre 0° y 90°, pasando por todos los grados.

En realidad, el valor que devuelve para 0° es el de 0,1°, es decir, 1/10° ó 6′ de arco y se suma 0,1 en toda la secuencia. Como la precisión de trazado del Spectrum no alcanza a diferenciar un ángulo tan pequeño, los resultados no se distinguen de los de los grados completos. Es evidente que, si se introdujera un ángulo de —0,1, el programa de la Elipse se perdería, ya que:

—0,1 + 0,1 = 0°

```
  10 PRINT "Elipse. Declive=";
  30 LET ejex=132: LET ejey=91
  40 LET radio=70
  50 INPUT "0 a 90 grad.",decliv
e
  60 PRINT declive;" grad."
  70 PRINT AT 10,16;"+"
  80 LET angulo=1/SIN ((.1+decli
ve)/180*PI)
  90 INPUT "incremento (1 a 10)"
,S
```

```
100 FOR f=0 TO PI*2 STEP 1/s/10
110 PLOT ejex+SIN f*radio,ejey+
COS f*radio/angulo
120 NEXT f
```

```
  1 REM Valor del angulo de la
elipse
  5 FOR x=0 TO 90
  7 LET declive=x
 10 LET angulo=1/SIN ((.1+decli
ve)/180*PI)
 20 PRINT angulo,declive;CHR$ 1
30
 30 NEXT x
```

Elipse 4

Esta rutina, que es idéntica a la anterior, se utiliza para mostrar el trazado simultáneo de cuatro elipses. También aquí el ángulo de las cuatro elipses y la frecuencia del trazado mediante variables se pueden seleccionar.

La figura 9.7 muestra un ejemplo obtenido de la pantalla. Las elipses se han calculado de manera que puedan trazarse en el sentido de las agujas del reloj, o en sentido contrario, cambiando las expresiones SIN y COS en cada una de las mitades de la rutina de trazado. Si la rutina comienza con la función SIN, el trazado comienza en la posición de las doce en punto; si la rutina empieza con la función COS, el trazado empieza en la posición de las tres en punto. Si la variable ángulo está en la primera mitad de la rutina de trazado, el eje mayor de la elipse es vertical, y si está en la segunda mitad, el eje mayor es horizontal.

La línea 100 contiene el bucle FOR/NEXT empleado para trazar la elipse en la forma:

FOR f = 0 TO PI*2 STEP 1/s*3

donde 0 TO PI*2 produce una elipse completa.

Si la expresión fuese:

FOR f = PJ TO PI*3 STEP...

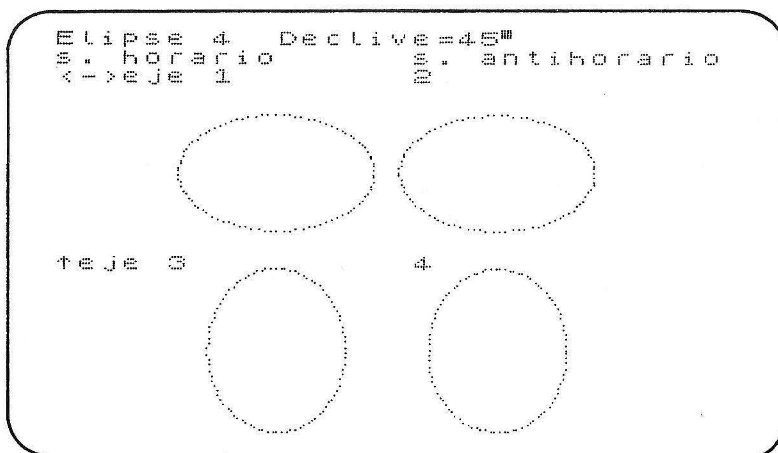


Figura 9.7. Ejemplos de elipses dibujadas de diferentes direcciones mediante el programa "Elipses 4".

La elipse total se trazará también, pero comenzando a 180° o en el lado opuesto, en la posición de las seis en punto o de las nueve en punto, respectivamente. Intenta comprobarlo, variando los valores en el bucle FOR/NEXT f.

```
   9 REM  ************************
  10 PRINT "Elipse 4  Declive=";
  20 REM ************************
  30 LET x=132: LET y=76
  31 LET x1=x*.6: LET y1=y*1.5
  32 LET x2=x*1.2: LET y2=y*1.5
  33 LET x3=x*.6: LET y3=y*.5
  34 LET x4=x*1.2: LET y4=y*.5
  40 LET r=35
  49 REM ************************
  50 INPUT "0";CHR$ 130;" a 90";
CHR$ 130;declive
  60 PRINT declive;CHR$ 130: PAP
ER 5
  70 PRINT "s. horario","s. anti
horario"
  75 PRINT "<->eje 1","2"
  77 PRINT AT 12,0;"^eje 3","4"
  79 PAPER 7
  80 LET angulo=1/SIN ((.1+decli
ve)/180*PI)
  89 REM .***********************
```

```
  90 INPUT "inc.(1 a 10)",s
 100 FOR f=0 TO PI*2 STEP 1/s/3
 104 REM ************************
 105 REM     dibuja 4 elipses
 106 REM ************************
 111 PLOT x1+SIN f*r,y1+COS f*r/
angulo
 112 PLOT x2+COS f*r,y2+SIN f*r/
angulo
 113 PLOT x3+SIN f*r/angulo,y3+C
OS f*r
 114 PLOT x4+COS f*r/angulo,y4+S
IN f*r
 120 NEXT f: STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "E14"
```

Elipse sólida

Esta rutina utiliza la instrucción DRAW para producir una elipse rellena. En realidad, obtiene su resultado unas cuatro veces más rápidamente que la rutina elipses anterior, en la cual los intervalos de STEP tienen la frecuencia suficiente como para producir un trazado continuo. Esto se debe a que sólo hay que calcular un cuadrante de la elipse y reflejar el resultado en los tres cuadrantes restantes, secuencialmente. Se han asignado nombres diferentes a las variables de esta rutina, pero los fundamentos son exactamente iguales que los anteriores. Podrás observar que, como solo es necesario calcular un cuadrante, el bucle FOR/NEXT queda:

FOR f = 0 TO PI/2 STEP .012

Solo la cuarta parte de la longitud de ... 0 TO PI*2 ... utilizada anteriormente. Se ha fijado en 0.012 el intervalo de STEP, a fin de obtener la forma sólida requerida. Si la elipse no llena la pantalla del Spectrum, se puede probar con un número mayor.

Las variables "a" y "b" son las coordenadas de posición "x" e "y" de la elipse, la disminución necesaria del eje menor o vertical se determina mediante la variable "e". Mediante la línea 130 se traza la parte superior izquierda de la elipse y, mediante la 140, la parte derecha. Las rutinas de dibujo que siguen a la orden (DRAW) y de trazado (PLOT) tienen la siguiente forma:

DRAW 0, —b*2

y dibujan una línea vertical de un valor dos veces mayor que el de "b" en dirección de arriba a abajo, hasta completar la porción más baja de la elipse. La línea 200 completa la rutina, trazando los ejes mayor (horizontal) y menor (vertical) de la elipse, usando la orden OVER (ver figura 9.8).

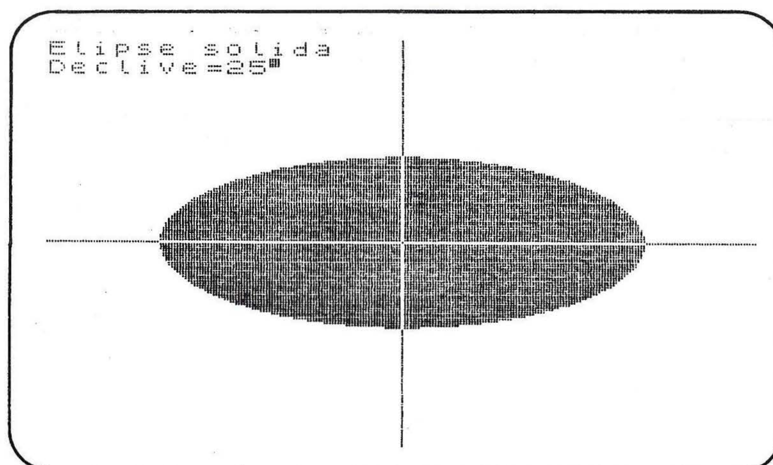


Figura 9.8. Elipse sólida.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT   "Elipse solida"
  11 REM ************************
  20 INPUT "Declive ";z: PRINT "
Declive=";z;CHR$ 130
  30 LET e=SIN ((.1+z)/180*PI)
  40 LET x=255/2: LET y=175/2
  99 REM ************************
 100 FOR f=0 TO PI/2 STEP .012
 110 LET a=INT (SIN f*y)
 120 LET b=INT (COS f*y*e)
 130 PLOT x-a,y+b: DRAW 0,-b*2
 140 PLOT x+a,y+b: DRAW 0,-b*2
 150 NEXT f
 199 REM ************************
 200 OVER 1: PLOT 0,y: DRAW 255,
0: PLOT x,0: DRAW 0,175: OVER 0
 210 STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "Ovalo"
```

Elipse inclinada

A veces, necesitamos trazar una elipse cuyo eje mayor no sea horizontal ni vertical, sino que tenga posición intermedia. Esta última rutina, de extensión modesta, presenta un método para trazarla.

La figura 9.9 muestra una copia de la pantalla en la que se han dibujado elipses típicas mediante datos específicos. Los valores de giro e inclinación (rotación de la imagen) pueden ser de —90 a 90° en cada caso.

La expresión final de la línea 90 (... /t + a/z) desempeña esta función. En ella, las variables "t" (para inclinación) y "z" (para rotación) dan los valores del SIN según los datos que se introdujeron.

El intervalo de trazado (STEP 0,05) y el desplazamiento máximo horizontal (valor 60 en las líneas 80 y 90) son fijos, pero se pueden alterar cuando sea necesario.

En varios programas de este libro (anillos de Saturno, galaxia, órbita binaria de estrellas) hemos utilizado frecuentemente la rutina Elipse, a veces con modificaciones.

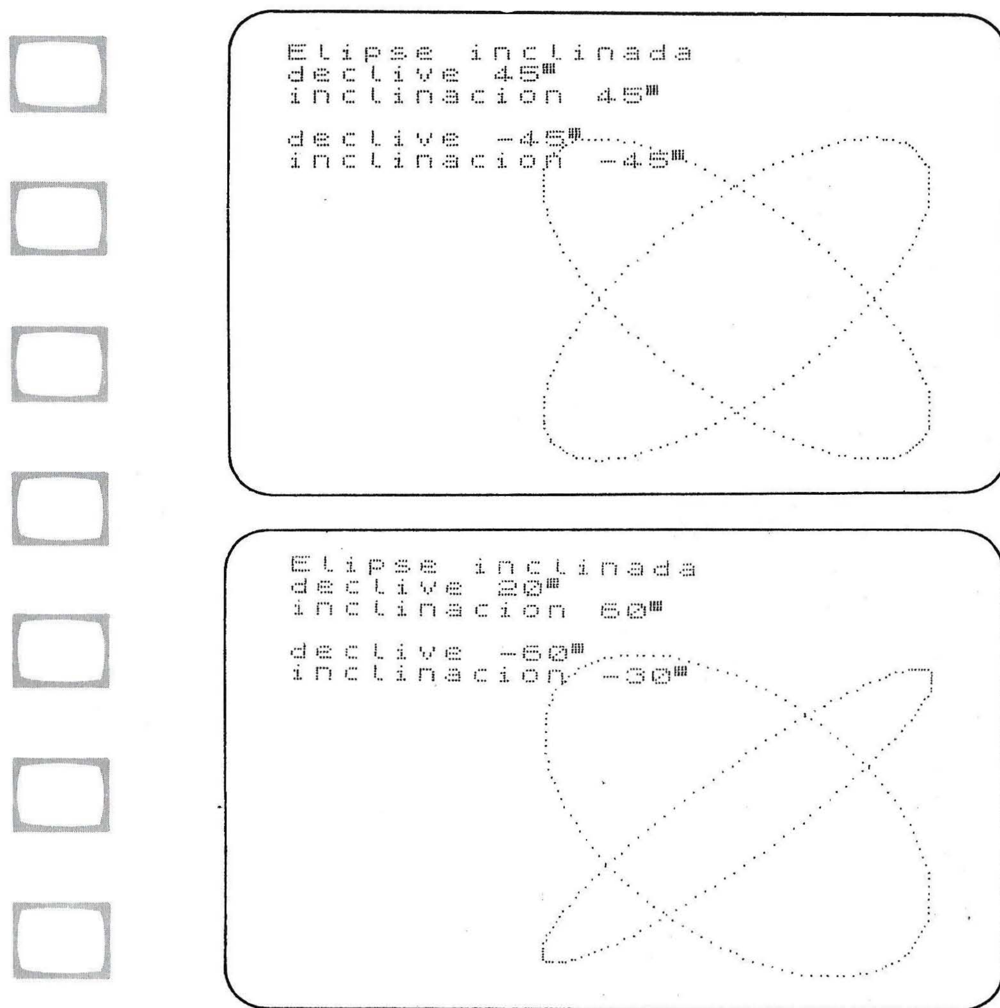


Figura 9.9. Dos ejemplos de trazados de elipses con el programa "Elipse inclinada".

La expresión "Elipse" se usa comúnmente para describir la forma de las órbitas de los planetas y de cometas particulares y de superficies ópticas (lentes y espejos). La Elipse es una figura de la familia de las cónicas, que incluye también al círculo, la parábola y la hipérbola.

```
   9 REM ************************
  10 PRINT "Elipse inclinada"
  11 REM ************************
  20 INPUT "declive ";t,"inclina
cion ";z
  30 PRINT "declive ";t;CHR$ 130
  40 PRINT "inclinacion ";z;CHR$
 130"
  50 LET z=1/SIN ((.1+z)/180*PI)
  60 LET t=1/SIN ((.1+t)/180*PI)
  65 REM ************************
  70 FOR n=0 TO PI*2 STEP .05
  75 PLOT OVER 1;140,80
  80 LET a=SIN n*60
  90 LET b=COS n*60/t+a/z
 100 PLOT INT (140+a),INT (80+b)
 110 NEXT n: GO TO 20
 125 REM ************************
9999 SAVE "Elip. inc."
```

Elipses y "Órbitas de Kepler"

Quizás debiéramos hacer una prudente observación sobre el empleo de la rutina Elipses para simular un planeta en su verdadera órbita elíptica alrededor del Sol —en la que el Sol puede que no ocupe el centro de la Elipse, sino uno de sus focos—. La segunda Ley de Kepler sobre el movimiento de los planetas dice que éstos incrementan su velocidad cuando se acercan al Sol, y la disminuyen cuando se alejan de él. Quizás el programa de la Elipse no se justifique plenamente en este caso, pero en muchas ocasiones el efecto puede ser razonablemente convincente. Para una correcta simulación de la segunda Ley de Kepler, véase el programa "Órbitas de Kepler", en el capítulo 5, y el ejemplo copiado de la pantalla.

Trazado de un mapamundi

Uno de los problemas que presenta la producción de un dibujo en la pantalla del televisor, a partir de un listado de un programa, consiste en tratar de comprender qué

instrucciones de gráficos pretendía utilizar el autor. El Spectrum tiene capacidad para imprimir más de 44.000 puntos *(pixels)* (256*175), por lo que no sería razonable crear una imagen que ocupase toda la pantalla definiendo las coordenadas "x" e "y" de todos los puntos a imprimir. En cambio, sí que es razonable crear una imagen más sencilla (de baja resolución), usando los gráficos de baja resolución del Spectrum desde CHR$ 128 a CHR$ 143 inclusive. Esto da efectivamente a la pantalla una resolución de 64*44, 2.816 en total.

Afortunadamente para cada cuatro zonas de impresión contiguas, se puede definir una pantalla completa en 32*22 espacios de caracter, 704 en total, lo cual es ya manejable.

Codificación de los caracteres

El modo más sencillo de producir tal imagen en la pantalla es listar 22 instrucciones PRINT, consecutivas, cada una de las cuales contenga 32 caracteres gráficos de baja resolución y hacer que el ordenador las ejecute. Pero esto, que resulta fácil para el programador, es casi imposible de entender por el usuario. Los caracteres han de codificarse de forma legible para que se puedan escribir mediante el teclado con seguridad.

El siguiente programa hace esto y utiliza un mapamundi como demostración de la representación en pantalla. Una vez que se han introducido los datos, mezclando números y letras mayúsculas y minúsculas, el programa produce automáticamente el dibujo terminado por medio de un código intermedio. Su contemplación resulta bastante interesante.

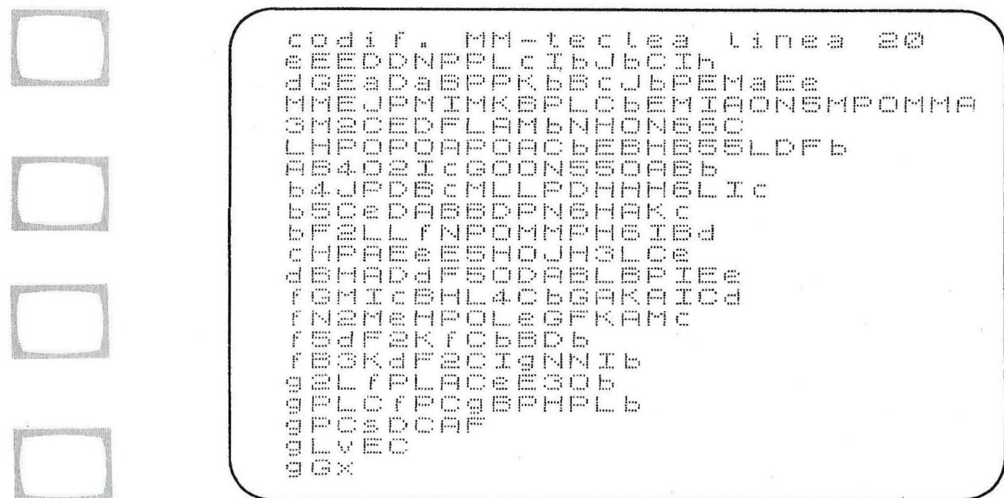


Figura 9.10a. Códigos para el dibujo del mapamundi. Los números indican el número de cuadrados rellenos consecutivos (CHR$ 143). Las letras minúsculas indican el número de cuadrados en blanco (CHR$ 128).

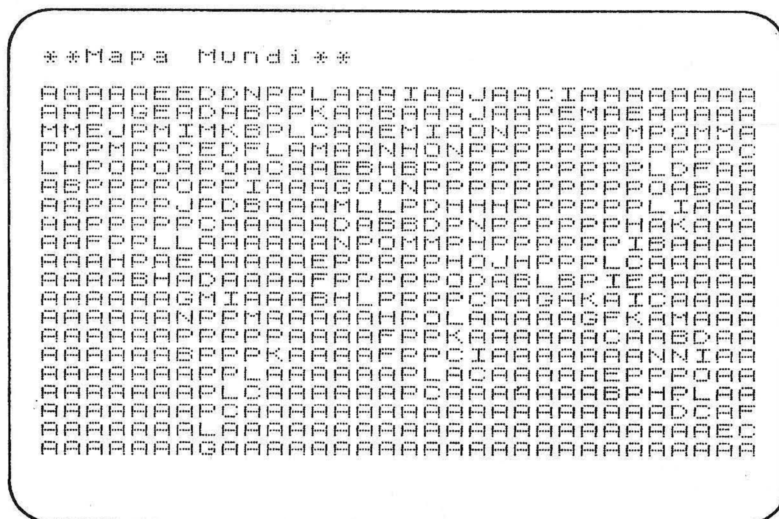


Figura 9.10b. El ordenador convierte los códigos y las letras minúsculas en mayúsculas, rellenando todas las posiciones de la pantalla.

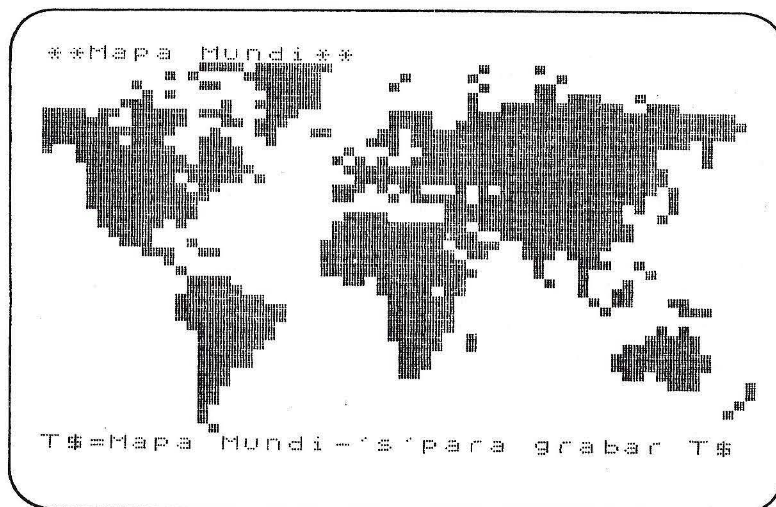


Figura 9.10c. Finalmente, el ordenador convierte las mayúsculas en caracteres gráficos de baja resolución. El dibujo se guarda en T$ para poder recuperarlo con rapidez en otra ocasión.

El programa

Escribe el programa mediante el teclado y haz que el ordenador lo ejecute. Luego introduce, una a una, las líneas de datos codificados de la figura 9.10a. Es fácil que el

programa tenga algún error encubierto, con lo que se presenta la ocasión de corregir alguna entrada. Una vez que se hayan completado las 20 líneas (se han omitido dos líneas para el título, etc.) el programa convierte los códigos en el mapamundi y representa el resultado mediante la instrucción PRINT T$.

Cómo guardar los datos

Este dibujo se almacena en la matriz dimensionada T$ preparada para quedar a salvo cuando se lo pida el programa.

Los datos guardados pueden fundirse (MERGE) en otro programa, de este modo:

LOAD "MAPAMUNDI" DATA T$() ENTER

El dibujo se sigue denominando T$, así que cuida de que este nombre de cadena no se repita en el nuevo programa; y, por supuesto, el programa debe comenzar con la instrucción GOTO (número de línea) y no con la RUN.

En teoría, este programa particular se puede desechar, puesto que cumplido su función, pero antes de hacerlo, pasa el programa completo a una cinta, mediante la instrucción GOTO 9990, para que lo puedas usar con tus propios dibujos codificados.

Realización de tus propios dibujos codificados

El procedimiento para producir estos dibujos codificados es aburrido, de modo que sólo vale la pena hacerlos si se van a imprimir. La página 92 del "Manual del Spectrum" ofrece un listado de las 16 instrucciones de caracteres de gráficos de baja resolución que pueden ir desde la A a la P, comenzando en CHR$ 128 y terminando P en CHR$ 143. La "obra de arte" se prepara ahora en papel cuadriculado, usando la página 102 del manual como guía y escogiendo los caracteres gráficos más apropiados. Éstos se convierten en las letras A a P inclusives, que son las apropiadas.

Como la mayor parte de un dibujo simple está generalmente en blanco o en negro (o en cualquier otro color), las largas cadenas de AAAAAA o PPPPPP se pueden comprimir en las líneas horizontales empleando minúsculas o números, respectivamente. Guíate por la figura 9.10a. Por ejemplo, la línea final.

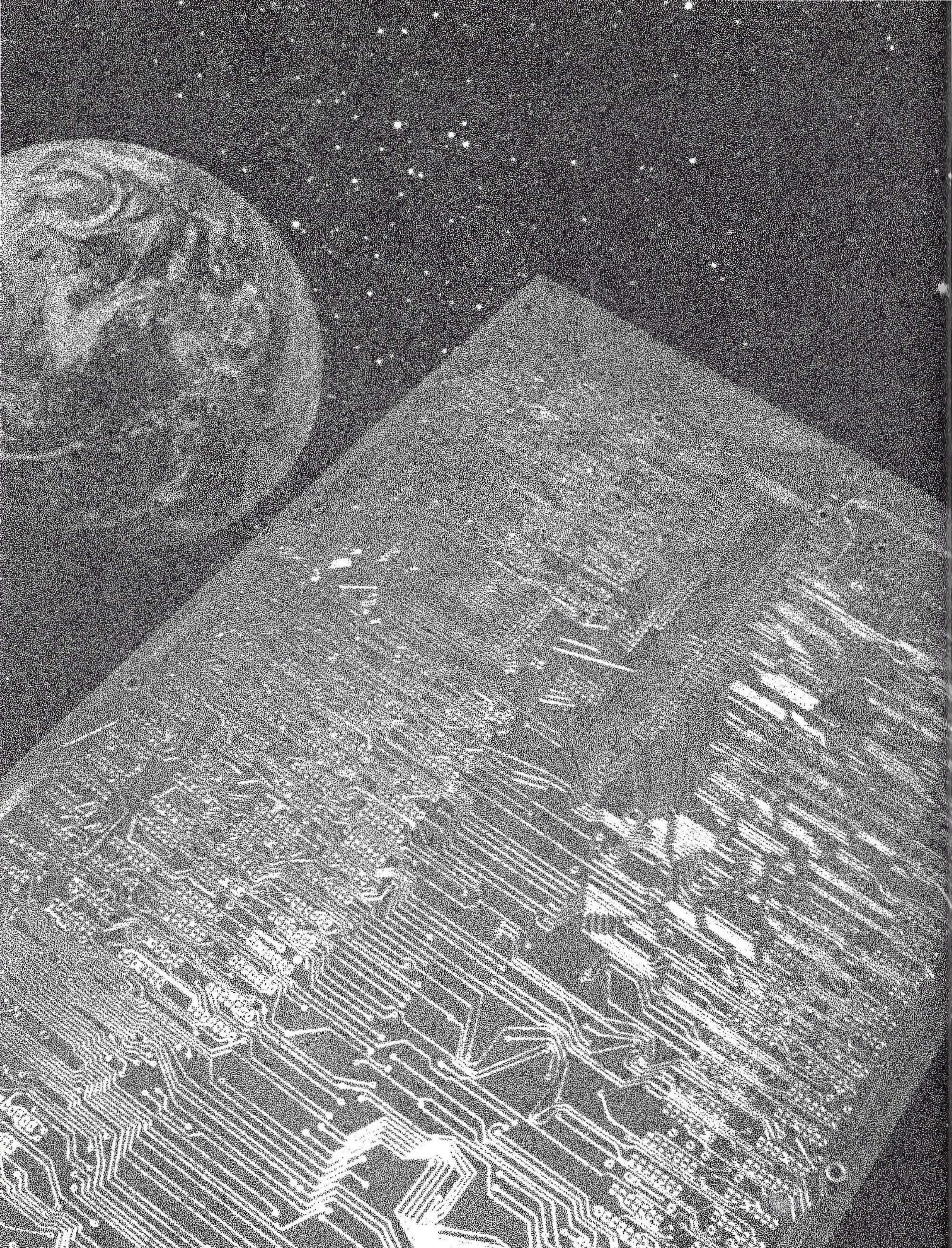
g G x significa AAAAAAGAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

porque G es la séptima letra del alfabeto y x la 24.ª

Quienes tengan experiencia en programación pueden conseguir que el Spectrum haga la tarea de convertir los caracteres gráficos de baja resolución en códigos alfanuméricos y así facilitar la tarea.

```
   9 REM ************************
  10 REM        Mapa Mundi
  11 REM ************************
  20 REM   cargador de CODIGO
  21 REM ************************
  50 DIM e$(20,32)
  60 DIM z$(20,32)
  70 PRINT "codif. MM-teclea lin
ea"
  80 FOR n=1 TO 20
  90 PRINT AT 0,23;n
 100 INPUT "Codigos"' LINE e$(n)
 110 PRINT AT n,0;e$(n)
 120 INPUT "correcto (s or n)";
LINE q$: IF q$="n" THEN  GO TO 1
00
 130 NEXT n
 134 REM ************************
 135 REM   auto recodificacion
 136 REM ************************
 140 PRINT  PAPER 5;AT 0,0;"*Map
a Mundi recodificado*
                                "
 150 FOR n=1 TO 20: LET h$=""
 160 FOR f=1 TO 32: LET x$=""
 170 IF e$(n,f)>CHR$ 80 THEN  GO
 TO 220
 180 IF e$(n,f)<CHR$ 65 THEN  GO
 TO 250
 190 LET h$=h$+e$(n,f)
 200 NEXT f: PRINT  PAPER 6;h$:
LET z$(n)=h$: NEXT n: GO TO 310
 210 REM ************************
 220 FOR x=1 TO CODE e$(n,f)-96
 230 LET x$=x$+"A": GO TO 280
 240 REM ************************
 250 FOR x=1 TO CODE e$(n,f)-48
 260 LET x$=x$+"P": GO TO 280
 270 REM ************************
 280 NEXT x: LET h$=h$+x$
 290 GO TO 200
 300 REM ************************
```

```
 310 PRINT  PAPER 6;AT 0,0;"**Ma
pa Mundi**                     "
 320 BORDER 5: LET t$=""
 330 FOR n=1 TO 20
 340 FOR f=1 TO 32
 350 LET T=CODE z$(n,f)+63
 360 PRINT  INK 2; PAPER 5;CHR$
t;: LET t$=t$+CHR$ t
 370 NEXT f: NEXT n
 380 PRINT "T$=Mapa Mundi-'s'par
a grabar T$ ": PAUSE 0
 390 REM ************************
 400 SAVE "Mundo" DATA T$()
 405 BEEP 1,1
 410 PRINT #0;"rebobinar/ dar pl
ay para"'"verificar": VERIFY "Mu
ndo" DATA T$()
 430 BEEP 1,1: PRINT  FLASH 1;"V
erificado": STOP
9900 REM ************************
9990 SAVE "Codificad."
```



Capítulo 10

Sugerencias y consejos sobre el Spectrum

Todos los programadores adquieren, a lo largo de su trabajo, ciertos conocimientos sobre los puntos fuertes y débiles del sistema de ordenador que utilizan, y a mí me ha ocurrido lo mismo con el Spectrum.

Dada la naturaleza de la informática, algunos de estos hallazgos tienden a repetirse por muchas personas diferentes, lo que alego en mi defensa ante todos aquellos que hayan leído alguno de los míos en otra parte, o los hayan conseguido por sí mismos.

Tratamiento de errores en las entradas

Generalmente se han omitido en este libro los tratamientos de errores encubiertos, por motivos de brevedad. Te ofrezco como guía las siguientes rutinas, y dejo que decidas en qué parte de tu programa las colocas. No olvides volver a numerar las líneas.

1. *Protección de entradas numéricas dentro de los límites superior e inferior para fechas y tiempos*

```
100   INPUT "mes no", mes
110   IF INT mes<>mes OR mes<1 OR mes>12 THEN
      GOTO 100
120   INPUT "día no", día
130   IF INT día<>día OR día<1 OR día>31 THEN GOTO 120
140   INPUT "hora (0 a 23)", hora
150   IF INT hora<>hora OR hora<0 OR hora>23 THEN GOTO 140
160   INPUT "minutos (0 a 59)", min
170   IF INT min<>min OR min<0 OR min>59 THEN GOTO 160
180   REM Fin de los INPUT'S
```

La siguiente rutina es mucho mejor para efectuar entradas que no estén formadas sólo por números (línea 520) y estén dentro de unos límites (línea 550).

2. *Protección de entradas numéricas entre los límites superior e inferior para fechas y tiempo*

```
200   LER a$ = "Año": LET a = 2000: LET b = 1834; GOSUB 500: LET y = c
210   LET a$ = "Mes": LET a = 12: LET b = 1 GOSUB 500: LET m = c
220   LET a$ = "Día": LET a = 31: GOSUB 500: LET d = c
230   LET a$ = "Hora": LET a = 23: LET b = 0: GOSUB 500: LET h = c
240   LET a$ = "Minuto": LET a = 59: GOSUB 500: LET mi = c
250   LET a$ = "Segundo": GOSUB 500: LET s = c
260   REM Fin de los INPUT'S
270   .........
500   INPUT (a$; "(";b;" a ";a;")";), LINE b$
510   FOR x = 1 a LEN b$
520   IF CODE b$(x)<48 OR CODE b$(x)>57 THEN GOTO 600
530   NEXT x
540   LET c = VAL b$
550   IF c>a OR c<b THEN GOTO 600
560   RETURN: REM INPUT comprobado
600   PRINT = 0; FLASH 1; "Error": PAUSE 100: GOTO 500
```

Nota: Los valores de "a" y "b" en la línea 200 sirven para cualesquiera años que se elijan. La línea 500 aparece en la pantalla (utilizando la entrada INPUT, del año como ejemplo) como:

Año (1834 a 2000) [L]

Programas para renumerar líneas

Si te empeñas en utilizar la rutina más corta (y hasta las rutinas cortas tienen la manía de crecer), un programa para volver a numerar puede ahorrrarte mucho tiempo y hacer que el listado final sea más presentable. En el comercio hay varias versiones preferiblemente en código de máquina y almacenadas encima de la RAM. Puede que valga la pena, también, elegir algún programa publicado en una revista, que contenga instrucciones de renumeración automática de GOTOs y GOSUBs.

Si los GOTOs y GOSUBs condicionales como ...GOTO cielo ...o GOSUB K*10... no pueden renumerarse, se debe renumerar manualmente y de forma metódica. Por ejemplo, si tu programa contiene:

```
... LET cielo = 1000
... GOTO cielo
...
1000 PRINT "Carta Estelar"
```

modificamos la línea 1000, para leer 1000 PRINT "Carta Estelar": REM GOTO cielo. Una vez que se ha numerado de nuevo el programa automáticamente, modificamos la variable "cielo" para el nuevo número de línea:

...LET cielo = (número de la línea que contiene al final el comentario "REM GOTO cielo")

Cuando este comentario "apuntador" falta, el proceso puede ser penoso.

Notas acerca de la impresora ZX

Cuando se desarrolla un programa largo, puede ser extraordinariamente aburrido tener que buscar y comparar "páginas" del listado del programa. La obtención de una copia por medio de la impresora ZX puede ayudarte a conservar la salud. A menudo, no es necesario sacar un listado completo. Basta comparar lo que se tiene en pantalla con unas cuantas líneas impresas y las podemos obtener mediante las instrucciones... LLIST n (para número de línea) y BREAK

Almacenamiento del listado obtenido con la impresora ZX

Como el papel metalizado de la impresora ZX es muy sensible a las marcas de los dedos, se debe sostener siempre por los bordes. Si estás preparando un listado para enviarlo a una revista, te aconsejo que tengas la precaución de lavarte las manos inmediatamente antes de tocar la superficie, pues, de no hacerlo, pueden ocurrir accidentes.

Sobre una hoja de papel formato A4, se pueden colocar dos anchos del papel de la impresora ZX. Es preferible dejar un margen de 20 mm en las partes superior e inferior de la página y recortar el listado con una cuchilla, de manera que los bordes sean rectos. Asegúrate de cortar justo entre las líneas de la impresora. Coloca el listado cara abajo sobre un papel de periódico viejo e impregna el reverso con un spray adhesivo. Después coloca cuidadosamente el listado sobre la hoja de papel formato A4, presionando ligeramente. Utiliza una fotocopia del listado y guarda el original, sin doblarlo, por supuesto, en un sobre o carpeta duros, hasta que lo necesites.

Un álbum barato de fotografías tamaño A4, con hojas de celofán por encima, es un sitio excelente para almacenar programas cortos, rutinas y gráficos, ya que así quedan a salvo de curiosos y de dedos peligrosos. Si no dispones de un sitio para colgar los listados, puedes enrollarlos en el canuto que queda al terminarse el papel higiénico, cuyas dimensiones son suficientes para protegerlos.

Si tienes que enviar un listado por correo, debes enrollarlo en un cilindro más firme que éste, como puede ser el que soporta el rollo del papel que utiliza la impresora ZX.

Apéndice

Revistas

Sky & Telescope.
49 Bay State Road. Cambridge, Massachusetts 02238.
Mensual. 2 $

Journal of the British Astronomical Association.
Dept. SA, Burlington House, Piccadilli, Londres W1V 0NL.
Bimensual. 2,75 £

Agrupaciones

— Agrupación Astronómica de Madrid. Apartado de Correos: 46269. Calle Alfonso XII, 3. Parque del Retiro. 28007 Madrid.
— Agrupación Astronómica de Sabadell. Rambla, 69. Sabadell (Barcelona).
— Agrupación Astronómica ASTER. Paseo de Gracia, 71. Barcelona.
— Sociedad Astronómica de España y América. Diagonal, 377. Barcelona.
— Junior Astronomical Socieyti.
Dept. SA, Mr. V. L. Tibbot, 58. Vaughan Gardens. Ilford, Essex IG1 3PD. U.K.
— British Astronomical Association.
Dept. SA, Burlington House, Piccadilly, Londres W1N 0NL.
— Association of Lunar and Planetary Observers.
PO Box 3AZ, University Park, Las Cruces, Nuevo México 88001.
— American Association of Variable Star Observers.
187 Concord Avenue, Cambridge, Massachusetts 02138.

OTROS TITULOS PUBLICADOS EN ANAYA MULTIMEDIA

EL LIBRO DEL BASIC - Rodnay Zaks.

TU PRIMER LIBRO DEL ZX SPECTRUM - J. Dewhirst/R. Tennison.

PROGRAMACION EN BASIC: UN METODO PRACTICO - H. Dachslager/M. Hayashi/R. Zucker.

BITS Y BYTES: INICIACION A LA INFORMATICA - Rachelle S. Heller/C. Dianne Martin.

EL ORDENADOR EN EL AULA - Egidio Pentiraro.

LIBRO GIGANTE DE LOS JUEGOS PARA ORDENADOR - Tim Hartnell.

EL ORDENADOR Y TUS HIJOS - Ray Hammond.

EL ORDENADOR PERSONAL: COMO ELEGIRLO Y UTILIZARLO - Arnoldo Cavalcoli.

Editados por:

EDICIONES ANAYA MULTIMEDIA, S. A.
Villafranca, 22
28028 MADRID

Revistas especializadas

EL ORDENADOR PERSONAL
Ferraz, 11, 3.°
28008 MADRID

MICROS
Ediciones Arcadia
Víctor de la Serna, 4
28016 MADRID

TU MICRO
Avenida Alfonso XIII, 141
28016 MADRID

ORDENADOR POPULAR
Ediciones y Suscripciones, S. A.
Jérez, 3
28016 MADRID

INFORMATICA TEST
Haymarket, S. A.
Travesera de Gracia, 17, 21
16021 BARCELONA

CHIP
Ediciones Arcadia
Víctor de la Serna, 4
28016 MADRID

ZX
Apartado 784
MADRID

ASTRONOMIA: EL UNIVERSO EN TU ORDENADOR es un libro dirigido al poseedor de un Spectrum que desee ampliar sus campos de interés utilizando el ordenador para introducirse y aprender astronomía. La potencia de cálculo y la capacidad gráfica del Spectrum permiten llevar a cabo con él complicados cálculos, desde seguimiento de satélites a determinación de las posiciones de estrellas y planetas en cualquier momento, hasta dibujos de mapas estelares. Los programas tienen rigor científico y pueden ser utilizados con fiabilidad por cualquier astrónomo aficionado. No son necesarios conocimientos de programación para poder manejar el libro. El autor, astrónomo y editor de una revista sobre "Astro-informática", aprovecha cada nuevo capítulo, tema o programa, para ir explicando los temas básicos de la astronomía planetaria y estelar, al tiempo que comenta cómo utilizar de forma óptima la potencia del ordenador para tratarlos.



ANAYA MULTIMEDIA